Aus dem Laboratorium der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung.
(Leiter: Prof. Dr. Hermann Schröder,
Dir. des Zahnärztlichen Universitäts-Instituts, Berlin.)

Ein Beitrag zur Frage der lokalen Schädlichkeit von Zucker und Schokolade für die Zähne aufgrund experimenteller Untersuchungen

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Ernst Frank
Zahnarzt aus Verden / Aller

Tag der Promotion: 20. 2. 1940

Verlags- und Dissertationsdruckerei Carl Beck, Eisfeld i. Thür.

M 484

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz
Referent: Prof. Dr. Hermann Schröder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Schrifttum.

1. Barth, Ludwig: Ernährung und Düngung, Einfluß der Düngung auf die für die Ernährung wichtigen Eigenschaften der Nahrungsmittel. Beihefte zur Zeitschrift „Die Ernährung" 1938, Heft 5.
2. Bernhauer, Konrad: Gärungschemisches Praktikum. 2. Aufl. Berlin, J. Springer. 1939.
3. Bleser, Kurt: Über die Beeinflussung des Phosphorspiegels im Speichel durch phosphorhaltige Gaben per os. Med. Diss. Berlin 1938.
4. Brauer, H.: Zur Frage der Schädlichkeit der Schokolade für die Zähne. Zahnärztl. Rundschau, 40. Jg. Nr. 37 (Sp. 2001—2003) 1931.
5. Chia-Chun-Liang: Über das Verhalten des Mundspeichels bei Gesunden und Karieskranken. Kampf d. Karies (Zahnärztl. Mitt.) 1. Jg. Nr. 4 (1936).
6. Djerassi, Konsuloff u. Lambreff: Die Ursache der Karies-Disposition und die Wirkung des Käses auf die Festigkeit der menschlichen Zähne. Z. Stom. 37. Jr. H. 4 (1939).
7. Fincke, Heinrich: Kleines Hdb. der Kakaoerzeugnisse. Berlin. J. Springer, 1936.
8. Derselbe: Hdb. d. Kakaoerzeugnisse. Berlin. J. Springer, 1936.
9. Derselbe: Zur Frage der Gefahrlosigkeit oder Schädlichkeit von Zucker und Schokolade für die Zähne. Deutsche Nahrungsmittel-Rundschau. Jg. 1932. Nr. 21.
10. Derselbe: Zucker, Schokolade und Zähne. „Kazett", Kakao- und Zuckerwaren-Industrie. 27. Jg. Nr. 19 (1938).
11. Gins, H. A., Prof.: Der jetzige Stand der bakteriolog. Kariesforschung. Deutsche Jugendzahnpflege (Beilage zu Zahnärztl. Mitt.) 26. Jg. H. 1 S. 3/4 (1938).
12. Gordon, L. v.: Die Ursachen der Zahnkaries und ihre angebliche Beziehung zum Verbrauchszucker. Zahnärztl. Mitt. 27. Jg. H. 29, S. 667 (1936).
13. Höber: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 7. Aufl. 1939. Bern. Verl. von Stämpfli & Cie.
14. Klinke, Karl: Der Mineralstoffwechsel, Physiologie und Pathologie. Leipzig und Wien. Franz Deuticke. 1931.

15. Mathis, Hermann: Die Zahnkaries beim Menschen. Eine Übersicht. Z. Stom. 36. Jg. H 12—16 (1938).
16. Mellanby, M.: Der Ernährungsfaktor in der Zahnprophylaxe. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilk. Bd. 5, H. 1, S. 1 (1937).
17. Oravecz, P.: Die sogenannte Caries circularis der Milchzähne. Z. Stom. 32. Jr. H. 24 (1934).
18. Rademacher, K.: Ist die Karies in der Süßwaren-Industrie eine Berufskrankheit? Kampf der Karies (Zahnärztl. Mitt.) 2. Jg. Nr. 10 (1937).
19. Schiötz, Prof. (Oslo): Zahnkaries und Ernährung. Kampf der Karies (Zahnärztl. Mitt.) 4. Jg. Nr. 2 ff. (1939).
20. Schröder, Hermann, Prof.: Ziele und Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung. Forrog-Blätter (Zahnärztl. Mitt.) 1936, Nr. 7.
21. Derselbe: Ein Beitrag zum Kapitel Ernährung und Karies unter bes. Berücksichtigung d. Kalziums. In Festschrift „Euler" 1938.
22. Derselbe: Vererbung, Form und Funktion des menschl. Gebisses. (Zahnärztl. Mitt.) 39. Jg., H. 40 (1938).
23. Derselbe: Über neuere Ergebnisse der Kariesforschung. Kampf der Karies. Vortrag, gehalten auf dem 9. Deutschen Zahnärztetag. (Zahnärztl. Mitt.) 3. Jg. Nr. 10 (1938).
24. Thomałla u. Spengler: Zerstört Zucker die Zähne? Z. ärztl. Fortbildg. 1933. Nr. 10, S. 286.
25. Verordnung über Kakao und Kakaoerzeugnisse v. 15. Juli 1933 usw. R. v. Deckers-Verlag G. Schenck, Berlin.
26. Wannenmacher, Eugen: Fragen und Aufgaben der Kariesprophylaxe. Meusser. Leipzig 1937.
27. Weber, Rudolf: Experimentelle Untersuchungen über d. Frage d.Remineralistion des Zahnschmelzes durch d. Speichel. Z. Stom. 27. Jg. H. 11, S. 129 (1929).
28. Wohinz, Rudolf: Zucker und Zähne, Deutsche Zahn-, Mund- und Kiefer-Heilkde. Bd. 5, H 12, S. 901 (1938).
29. a) Derselbe: Zucker und Zähne. Kampf der Karies (Zahnärztl. Mitt.) 3. Jg., H. 6 (1938).
b) Derselbe: Zucker und Zähne. Kampf der Karies. (Zahnärztl. Mitt.) 3. Jg. H. 9 (1938).
30. Derselbe: Neuere Erkenntnisse über die Gründe der Zahnschädigungen. Kampf d. Karies (Zahnärztl. Mitt.) 4. Jg. Nr. 1 (1939).
31. Zilkens: Über die Gefahrlosigkeit der Schokolade für die Zähne. Zahnärztl. Rundschau. 40. Jg. Nr. 45 (1931).

Schier unübersehbar in ihrer Mannigfaltigkeit sind die Faktoren, welche am Zustandekommen der Zahnkaries beteiligt sind oder deren Verlauf beeinflussen können. Sie lassen sich schlecht auf eine kurze Formel bringen. Man unterscheidet, obgleich diese scharfe Trennung nicht ganz durchzuführen ist, in örtliche, lokal vom Munde aus wirkende, und allgemeine Faktoren. Im Zuge der allgemeinen Entwicklung zur Konstitutionspathologie war das wissenschaftliche Interesse in den letzten Jahren vorwiegend auf die allgemeinen Faktoren der Karies und die entsprechenden Vorbedingungen zu deren Verhütung gerichtet. Besondere Beachtung fand dabei der Einfluß der Ernährung, insbesondere die Bedeutung der Vitamine und Mineralstoffe in ihre Wechselbeziehungen.

Es ist auch kaum zu leugnen, daß die allgemeinen Störungen, sofern sie zu Störungen des physiologischen Gleichgewichts führen, die Widerstandskraft der Zähne brechen und sich als Wegbereiter der im Munde sich abspielenden parasitären Vorgänge auswirken. Das darf indessen nicht zur Vernachlässigung und Unterschätzung der lokalen Faktoren führen. Jedenfalls kann man nicht sagen, daß ein Zahn nur dann kariös wird, wenn seine Widerstandskraft von innen heraus geschwächt ist. Dagegen sprechen mancherlei klinische Beobachtungen und Erfahrungen. Sie zeigen immer wieder, daß auftretende lokale Schädigungen unabhändig von den allgemeinen Schäden des Stoffwechsels eine ihrer Eigenart und dem Umfang ihres Wirkungskreises entsprechende charakteristische Wirkung entfalten. Weiter muß gesagt werden, daß die Zusammenhänge zwischen dem allgemeinen Stoffwechsel und dem des Zahnes, insbesondere der harten Zahnsubstanz, noch nicht soweit geklärt sind, daß die obige Annahme berechtigt erscheint. Jedenfalls ist das Studium der örtlichen Faktoren, die vom Munde aus den Zahn angreifen, ebenso wichtig zur Begründung einer durchgreifenden Therapie und Prophylaxe, wie das der allgemeinen Faktoren.

Bei der Frage nach den lokalen Ursachen der Karies verdient nun allerdings auch die lokale Wirkung der Nahrung im Munde beachtet zu werden. Dabei findet außer einem direkten chemischen und physikalischen auch ein sehr bedeutsamer indirekter Einfluß der Ernährung über die von dieser abhängige Zusammensetzung des Speichels statt, welcher abhängig von exogenen Fak-

toren (Zusammensetzung der Nahrung) als endogenes Produkt des Organismus (Sekret der Speicheldrüsen) in seiner Bedeutung für die Zahnkaries schließlich als lokal und für den Zahn als von außen her wirkender Faktor zu werten ist. Auf diese Rolle des Speichels wird später noch zurückzukommen sein. —

Hinsichtlich der lokalen Wirkung unserer Nahrungsmittel auf die Zähne sind noch keineswegs alle Fragen geklärt. Auch diese sollten im Hinblick auf die erschreckende Ausdehnung der Karies bis ins Einzelne verfolgt werden. Dazu mag zunächst folgendes Allgemeine bemerkt werden.

Für die Einleitung der Karies am intakten Schmelz durch dessen Entmineralisation kommt außer freien Säuren oral aufgenommener Nahrungs-, Genuß- oder Heilmittel auch die Wirkung von Fermenten und Enzymen ganz besonders in Betracht, welche zwar auch, aber wohl nicht ausschließlich, auf Säurebildung zurückzuführen ist. Es handelt sich dabei wie bekannt um Gärungsvorgänge. Von den in den Mund gelangenden Nährstoffen (Eiweiße, Fette und Kohlehydrate) sind allein die letzteren im Munde gärfähig, sofern sie wie die Polysaccharide (Stärke) durch Fermente des Speichels (Ptyalin, Maltase) zu Glukose hydrolysiert werden. Es kann sich dabei auch Milchsäure entwickeln, die seit Miller fast ausschließlich als einzige im Munde entstehende, den Schmelz angreifende Säure hingestellt wurde. Die widersprechendsten Ansichten sind hier vertreten worden. Einmal soll Milchsäure sich im Munde garnicht entwickeln, dann soll sie schon in frisch sezerniertem Speichel vorhanden sein (Möllmann) oder aus dem Mucin (Glykoproteid) des Speichels entstehen können. Diese Debatten sind der Gesellschaft für Kariesforschung und Bekämpfung, insbes. durch Untersuchungen von Wohinz (28) im wesentlichen als abgeschlossen zu betrachten. Dieser Autor findet keine Milchsäure in frisch sezerniertem Speichel, verweist jedoch unter Angabe eines sicheren Nachweises darauf, daß Milchsäure im Munde zweifellos entstehen kann, wobei er jedoch sehr in Zweifel zieht, ob es d i e s e Säure wirklich ist, die gewöhnlich karieseinleitend wirkt. Wohinz ist in diesem Zusammenhang für einige sehr beachtliche Feststellungen zu danken. Rohr- oder Rübenzucker, der vielfach früher als sehr schädlich für die Zähne hingestellt wurde, (endogen von Katase u. a. — widerlegt von Harndt u. a. — exogen von Bunting u. a.) erwies sich als völlig unschädlich, da dem Speichel anscheinend das Ferment Invertase fehlt. Dem entspricht auch der gute Zahnbefund bei Rohr-Zuckerarbeitern. Dagegen zeigen sich starke Zahnschädigungen in Zuckerbetrieben, in denen gleichzeitig Fruchtsäuren oder aber Hefegebäck verarbeitet wurden; — „Zuckerbäckerkaries!“

„Der Zucker" (Rohrzucker) selbst ist also unschädlich, da er im Munde nicht vergären kann!

Da nun die Verbindung mit Hefe den Zucker für die Zähne recht gefährlich werden läßt, — Wohinz (28) findet in vitro Angriff von Zahnschmelz mit Rohrzucker und frischer Hefe in Stunden, ebenfalls bei Hefegebäck — so lag es nahe, zu untersuchen, ob auch andere Verbindungen mit Zucker sich schädlich für die Zähne auswirken können. Mir wurde die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, wie sich der Zucker in seiner Verbindung mit Kakao in Form der Schokolade auf die Zähne auswirkt.

Bevor an die Behandlung dieser Frage herangegangen werden soll, ist zum besseren Verständnis über die Rohstoffe und den Herstellungsgang der Schokolade einiges vorauszuschicken.

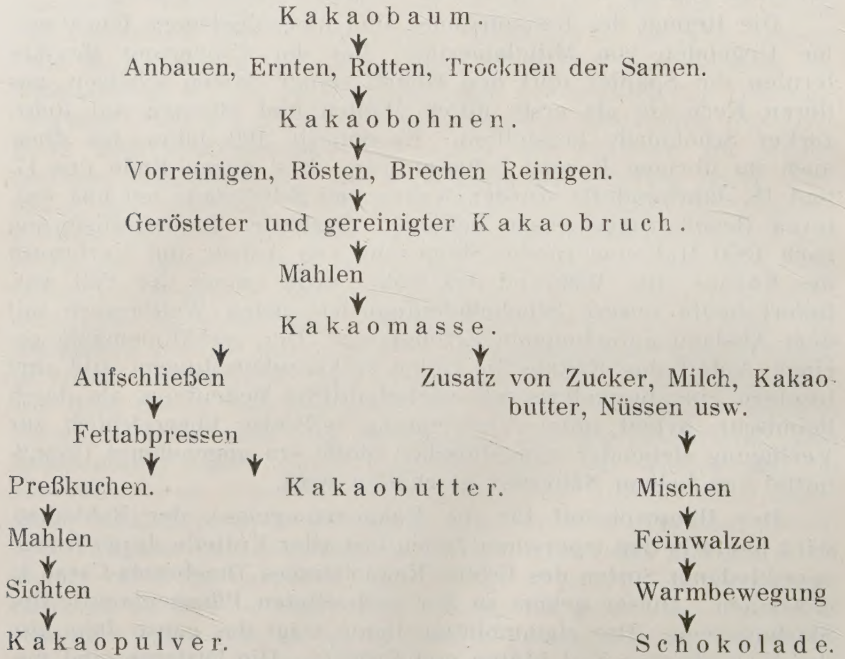
Die Heimat des Kakaobaumes sind niedriggelegene feuchtwarme Gegenden von Mittelamerika. Bei der Eroberung Mexikos lernten die Spanier dort den Genuß seiner Samen schätzen, aus deren Kern sie als erste durch Mahlen und Mischen mit Rohrzucker Schokolade herstellten. Es dauerte 100 Jahre, bis diese auch im übrigen Europa bekannt war. Erst gegen Ende des 17. und 18. Jahrhunderts wurden Kakao und Schokolade bei uns weiteren Bevölkerungskreisen bekannt. Nach der Industrialisierung nach 1850 trat eine rasche Steigerung von Anbau und Verbrauch des Kakaos ein. Während das früher nicht immer der Fall war, liefert heute unsere Schokoladenindustrie jeden Wettbewerb mit dem Ausland aufnehmende Erzeugnisse. Der verhältnismäßig geringe Anteil des Kakaos in vielen Kakaozubereitungen gibt ihm insofern eine besondere volkswirtschaftliche Bedeutung, als durch heimische Arbeit unter Verwendung teilweise überreichlich zur Verfügung stehender einheimischer Stoffe ein angenehmes Genußmittel von hohem Nährwert geschaffen wird.

Der Hauptrohstoff für die Kakaoerzeugnisse, der Rohkakao, wird heute in den tropischen Zonen fast aller Erdteile durch Anbau verschiedener Sorten des Echten Kakaobaumes Theobroma-Cacao L. gewonnen. Dieser gehört zu der verbreiteten Pflanzenfamilie der Sterkuliaceen. Der stammblütige Baum trägt das ganze Jahr hindurch zu gleicher Zeit Blüten und Früchte. Die letzteren sind melonenähnlich und enthalten etwa 25 bis 50 mandelgroße Samen, die in süßsäuerliches Fruchtmus eingebettet sind. Deren Kerne schmecken herb und bitter. Sie allein kommen nach einem langwierigen Verarbeitungsprozeß zur Verwendung.

Man unterscheidet die verschiedenen Rohkakaosorten nicht einheitlich. Einmal wird mehr die Spielart der Bäume (Criollo, Forastero und Mischsorten) berücksichtigt, dann wieder mehr die Anbauländer und Ausfuhrhäfen. Die Criollo- und durchweg auch die

Mischformensorten gelten als Edelkakao. Sie stehen an Bedeutung aber weit hinter dem Forastero zurück, da ihr Anbau schwieriger ist und bei guter Verarbeitung der billigeren Forasterosorten, welche etwa 80 % der gesamten Kakaobohnen-Erzeugung stellen, (ca. 250 000 t Verbrauchskakao) geschmacklich gute einwandfreie Erzeugnisse herzustellen sind. Fast die Hälfte der Welterzeugung an Rohbohnen stellt die Goldküste (Westafrika). Unter den dort wachsenden Sorten (ausschließlich Forastero) überwiegt bei weitem die über Akkra ausgeführte, die uns heute von allen Sorten offenbar am reichlichsten zur Verfügung steht.

Der Herstellungsgang der Kakaoerzeugnise sei durch folgendes Schema (n. Fincke (7) kurz dargestellt:



Begriffe:

Kakaokerne sind gedarrte oder geröstete, entschälte und entkeimte verlesene Kakaobohnen; sie enthalten Samenschalen, Samenhäutchen und Keime *) nur noch in technisch nicht vermeidbaren Mengen (im allgemeinen unter 2 %).

*) Der Kakaokern selbst ist der Keim. Der Fachmann spricht richtiger auch vom Kakaowürzelchen.

Kakaobruch besteht aus den gebrochenen Kakaokernen.

Die aus Kakaokernen oder Kakaobruch durch Mahlen, Walzen und Schleifen hergestellte Kakaomasse, der zuweilen aus fabrikations-technischen Gründen Lecithin bis zu 0,3 %, berechnet als Reinlecithin, zugesetzt ist, enthält bis zu 2 % Kakaogrus. Dieser besteht aus kleinen Kakaokernteilchen, welche bei der Reinigung des Kakaoabfalls gewonnen werden und welche Samenschalen und Samenhäutchen sowie Keime nur noch in einer 10 % nicht übersteigenden Menge enthalten.

Die Kakaoverordnung aus dem Jahre 1933 (25), welcher die Definitionen der soeben erläuterten Begriffe entnommen sind, gibt genaue Bestimmungen und teilweise strenge Vorschriften für die Herstellung von Kakaoerzeugnissen, bei deren Einhaltung gesundheitlich einwandfreie Waren erzielt werden. Inwiefern Einzelheiten der Herstellung von Schokolade (Waschen der Bohnen nach der Fermentation usw.) für eine schädigende Wirkung derselben auf die Zähne mitbestimmend sein könnten, ist gelegentlich der Besprechung der Untersuchungsbefunde noch zu erörtern. Eingehende vergleichende Untersuchungen darüber durch Gärproben erscheinen noch wünschenswert.

Nach § 3 (1) der Kakaoverordnung (KV) ist Schokolade „eine geformte oder nicht geformte Zubereitung aus Kakaokernen, Kakaobruch, auch unter Mitverwendung von höchstens 2/100 Kakaogruß, oder aus Kakaomasse und technisch reinem, weißen Verbrauchszucker (Saccharose), ohne oder mit Zusatz von Kakaobutter, natürlichen Gewürzen, Vanillin, oder dem ihm entsprechenden Äthyläther; Schokolade besteht zum mindestens 40/100 aus Kakaomasse oder aus einem Gemisch von Kakaomasse und Kakaobutter zu höchstens 6/100 Zucker. Der Gehalt an Kakaobutter beträgt mindestens 21/100. Der Gehalt an Kakaomasse beträgt bei Mitverwendung von Kakaobutter mindestens 33/100."

Schmelzschokolade ist nach der KV aus mindestens 50 % Kakaomasse oder einem Gemisch von Kakaomasse und Kakaobutter und höchstens 50 % Verbrauchszucker zusammengesetzt. Mindestgehalt an Kakaobutter 26 %, an Kakaomasse 35 % im Gemisch mit Kakaobutter.

Sahneschokolade: Mindestens 25 % Kakaomasse (oder Gemisch Kakaomasse und Kakaobutter), höchstens 60 % Verbrauchszucker, dazu Sahne aus Sahnepulver in einer solchen Menge, daß der aus der Sahne oder dem Sahnepulver stammende Fettgehalt mindestens 5,5 % ausmacht. Mindestens 10/100 Kakaomasse, wenn diese mit Kakaobutter gemischt ist. Statt Zucker oft bis zu einem gewissen Grade Milch (Milchpulver) zugesetzt.

Milch (Vollmilch)-Schokolade: Mindestens 25 % Kakaomasse oder Gemisch Kakaomasse-Kakaobutter und höchstens 60 % Verbrauchszucker. Dazu Milchbestandteile in einer solchen Menge, daß der Gehalt an Milchfett mindestens 3,2 %, der an fettreicher Milch-Trockenmasse mindestens 9,3 % beträgt. Im Gemisch mit Kakaobutter beträgt die Kakaomasse mindestens 10 %.

Bei Magermilchschokolade („Schokolade mit Zusatz von entrahmter Milch") dieselben Hundertteile Kakaomasse, Kakaobutter und Zucker wie bei Milchschokolade. Gehalt an fettfreier Milchtrockenmasse mindestens 12,5 %.

Bei Nuß-Schokoladen wird der Ölgehalt der Nüsse häufig durch Abpressen auf $^2/_3$ des ursprünglichen Gehalts herabgesetzt.

In übersichtlicher Weise sind die wichtigsten der vorstehend angegebenen Werte in Tafel 1 (S. 11) angeordnet.

Es erscheint gleichfalls wichtig, für die chemische Zusammensetzung der Kakaokerne wie auch besonders der Schokolade unterrichtet zu sein. Nach Fincke (8) sind die Hauptbestandteile und der durchschnittliche Gehalt des Kakaokerns: Wasser 5 %, Fett 53 %, Mineralstoffe 2,6 % (bei Edelkakao höher), Eiweiß 10,5 %, Theobromin 1,5 %, Stärke 6 %, Gerbstoffe 6 %, Organische Säuren 2,5 % und andere stickstoffhaltige Stoffe 13 %.

Die Mineralstoffe (Asche) des Kakaokerns enthalten durchschnittlich 34 % Kali (K_2O), 1,5 % Natron (Na_2O), 4 % Kalk (CaO), 16 % Magnesia (MgO), 0,3 % Eisenoxyd (Fe_2O_3), 0,3 % Tonerde (Al_2O_3), 34 % Phosphorsäure (P_2O_5), 3 % Schwefelsäure (SO_3), 1 % Chlor (Cl) und 0,3 % Kieselsäure (SiO_2). Die Asche ist demnach reich an phosphorsauren Salzen des Kaliums und Magnesiums, während der Kalkgehalt demgegenüber zurücktritt.

Dabei ist zu beachten, in welcher Form der Phosphor vorliegt! (vergl. S. 25 ff.)

„Früher gab man den Aschengehalt des Kakaos meistens mit 3—4,5 % an. Die Kakaoverordnung vom 15. Juli 1933 sagt im § 1: „Kakaomasse liefert bis 5 % Asche"; das österreichische Lebensmittelbuch gibt den Aschengehalt richtiger mit 2,0—4,5 % an. Bei älteren Untersuchungen fehlt Akkra-Kakao völlig, die heute für uns wichtigste Kakaoart, da sie damals noch nicht im Handel war" (Fincke (8) S. 283).

Allerdings sind die Schwankungen im Aschengehalt beträchtlich. Außer Schwankungen im Aschengehalt sind auch solche in der Zusammensetzung der Mineralstoffe von erheblichem Ausmaß bekannt. *) Beides ist jedoch mit Rücksicht auf die ganz überwiegende Verwendung einer Sorte („Akkra") nicht so schwerwiegend.

*) So ergab sich aus Proben von „Naranjal" und „Caracas" ein P_2O_5-Anteil an den Mineralstoffen von 40,7 % bzw. 29,3 %.

Tafel 1.

Der vorgeschriebene Gehalt verschiedener Schokoladen an den verschiedenen Ausgangsstoffen, nach § 3 der K. V. auszugsweise zusammengestellt.

Nr. nach § 3 der K. V.	Schokoladenbezeichnung:	Mindestgehalt an Kakaobestandteilen		In Schokolade		Milchbestandteilen: Fett aus Sahne oder Sahne-Pulver %	in einer Menge, die enthält: Fett**) %	Fettfreie Trockenmasse **) %	Höchstgehalt an Verbrauchszucker
		a) Kakaomasse %	b) Gemisch von Kakaomasse und -butter %	b) Kakaomasse mindestens %	a) in Kakaobutter mindestens %				
(1)	Schokolade	40	40	33	21				60
(2)	Schmelzschokolade	50	50	35	26				50
(3)	Sahne-Schokolade (Rahm-Schokolade)	25	25	10		5,5			60
(4)	Milch-Schokolade (Vollmilch-Schokolade)	25	25	10			3,2	9,3	60
(5)	Magermilch-Schokolade *)	25	25	10				12,5	60

*) auch „Schokolade mit Zusatz entrahmter Milch" genannt.

**) in % bezogen auf Anteil an Zusammensetzung der Schokolade.

Die Angabe dieser Zahlen ist wichtig, um aus den Angaben über den Kakaogehalt der Schokoladen Rückschlüsse auf deren Mineralstoffgehalt ziehen zu können.

Dafür ist hinsichtlich der Milchschokoladen zugleich die Kenntnis der Zusammensetzung von Vollmilch (12 % Vollmilchtrockenmasse) nicht unwichtig. In der Vollmilch (Vollmilchtrockenmasse) sind enthalten: Wasser 88 (0) %, Fett 3,2 (25) %, Eiweiß 3,2 (28) %, Milchzucker 4,8 (40,5) %, Asche 0,75 (6,5) %, fettfreie Milch-Trokkenmasse 8,8 (75) %. (Fincke (8) S. 110).

Die Milchasche enthält 24 % Kali (K_2O), 6 % Natron (Na_2O), 24 % Kalk (CaO), 2,5 % Magnesia (MgO), 0,3 % Eisenoxyd (Fe_2O_3), 27 % Phosphorsäure (P_2O_5), 2,5 % Schwefelsäure (SO_3) und 13,5 % Chlor (Cl). ((8) S. 365).

Bei der Milch ist demnach das reichliche Vorhandensein von Calcium-Phosphat beachtenswert.

Allgemeine ernährungsphysiologische Eigenschaften der Schokolade interessieren hier nicht. Man hat wohl gesagt, daß der hohe Gehalt von Magnesium in der Kakaomasse und in der Schokolade ungünstig sei; demgegenüber muß gesagt werden, daß an kein Nahrungsmittel unbedingt die Anforderung zu stellen ist, daß es alle Nährstoffe und Mineralien wie auch Ergänzungsstoffe in günstigstem Verhältnis besitzt, sondern daß es wichtig ist, in der Gesamtnahrung gewisse Stoffe in genügender Menge zuzuführen. Wenn nun auch der erwähnte Vorwurf abzulehnen ist, so ist doch herauszustellen, daß die Milchschokoladen in dieser Hinsicht sehr viel günstigere Eigenschaften aufweisen.

Entgegen den vielen auf Annahmen zurückgehenden Behauptungen über eine schädigende Wirkung der Schokolade auf die Zähne war es an der Zeit, exakt im Versuch zu prüfen, inwiefern dafür überhaupt Voraussetzungen gegeben sein könnten. Meine Untersuchungen, die ich mit Unterstützung der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Schröder durchführen durfte, erstrecken sich vor allem auf folgende Fragen:

1. Wird der Schmelz eines Zahnes in Schokolade-Speichelgemisch in vitro bei 37 ° C verändert, wenn ja in welcher Zeit und in welchem Grade? (Versuchsreihe A).
2. Wie ist eine evtl. schädliche Einwirkung der Schokolade auf den Schmelz zu erklären? (u. a. Versuche B, D, E).
3. Welche Maßnahmen könnten geeignet sein, diese Schäden zu verhüten? (u. a. Versuche E, P).

Zur Klärung der Frage 1. wurden Versuche unternommen, die in folgender Art durchgeführt wurden (Versuche A, Tafel 3):

Nach gründlicher Zahnreinigung mit Zahnbürste, Zahnputzmittel, Mundwasser, wurde zur Vervollständigung der Reinigung und

um die Reste des Putzmittels zu beseitigen, ein Stück Schokolade gegessen, darauf ein zweites Stück gekaut und dieser Schokolade-Speichelbrei zusammen mit einem mit Wachs überzogenen Zahn, an welchem eine einwandfreie, risse- und sprüngefreie Schmelzstelle freigelassen war, in ein steriles Gläschen gebracht (Watteverschluß) und nun für einige Tage in einem Brutschrank bei 37 ° C verwahrt. In vielen Fällen wurde gleichzeitig ein Gärröhrchen gefüllt (Versuch B, Tafel 3), um die Richtung und Stärke der einsetzenden Gärung besser verfolgen zu können, deren Verlauf auch durch kolorimetrische (P(H)-Bestimmungen kontrolliert wurde. Durch die Art der Unterbringung der Gläschen in einem mit etwas Wasser gefüllten, luftdicht verschlossenen Gefäß wurde einerseits Austrocknung verhindert, andererseits wurden damit die Verhältnisse im Munde nachgeahmt.

Das Bild der Untersuchung erleidet kaum eine Wertminderung durch den baldigen Ausfall einer der zur Verfügung gestandenen 4 Hauptversuchspersonen. (I).

Die Personen, die im folgenden mit römischen Zahlen bezeichnet werden, sind hier der Vollständigkeit halber kurz aufgeführt:

Person	Geschl.	Alter	Speichel-viscosität	Kariesanfälligkeit	Bemerkungen	Versuchs-frequenz
I We.	w.	ca. 26 J.	gering	mittel	—	14
II Wo.	m.	ca. 42 J.	mittel	mittel	einige tiefe Zfl.-Taschen, wackelnde Brücke, Karies eines Pfeilers. Starker Raucher.	26
III Fra.	m.	ca. 26 J.	mittel	gering	kleine Il. Karies	24
IV Tha.	w.	ca. 26 J.	mittel	mittel	Taschen, neigt zu marg. Gingivitiden	22
V. Ke.	m.	ca. 28 J.	mittel	mittel	besonders gute Zahn- u. Mundreinigung vor Versuch.	1
VI Bre.	w.	ca. 40 J.	mittel	gering	—	2
VII Ba.	w.	ca. 35 J.	mittel	gering	—	0
VIII For.	m.	ca. 40 J.	?	ohne	völlig kariesfrei	1

Vorstehende Angaben beziehen sich allein auf die ausgeführten Hauptversuche (Reihe A).

Die meisten Versuche wurden von den Personen II, III, IV ausgeführt. Zur Klärung einiger Fragen, bes. des Hefewachstums (D) wurden dann auch V (!) und VII herangezogen. Im einzelnen ist die Bestätigung aus den Tabellen zu sehen.

Es wurden 30 verschiedene Tafeln zu 100 g verschiedener Herkunft untersucht. Besonderer Wert wurde auf Untersuchung und Vergleich bitterer und Milchschokoladen gleicher Firmen gelegt.

In der folgenden Aufzählung der hauptsächlich untersuchten Schokoladen bedeutet die arabische Zahl vor deren Bezeichnung eine bestimmte Firma.

Es wurden in den Hauptversuchen untersucht:

Tafel:

1) bitter, Vollmilch, Edelmilch, Noisette, Vollm.-Nuß, Milch-Mokka
58 % 30 % 35 % 28 % 30 % 35 %

2) bitter, Vollmilch, Schmelz-Nuß (sehr feine)
59 % 29 % 51 %

3) bitter, Vollmilch, bitter
59 % 30 % 54 %

4) fein-bitter, Vollmilch
60 % 29 %

5) bitter, Vollmilch, Vollmilch, Mokka-Sahne, bitter (?)
59 % 34 % 35 % 34 % 50 %

6) fein-zart-bitter, Vollmilch, Ei-Vollmilch
50 % 29 % 29 %

7) bitter, Vollmilch
60 % 35 %

8) bitter, Vollmilch
64 % 35 %

Außerdem wurden Vergleichsversuche angesetzt mit „Galak" und „Nestrovit", bei denen ein sehr günstiges Verhalten zu beobachten war.

Mit wenigen Ausnahmen wurden diese 26 verschiedenen Schokoladen durchweg von mindestens 3 Personen (meist II, III, IV) gekaut und nach völliger Durchspeichelung zu einem Versuch mit je einem Zahn angesetzt. (s. Tabelle!) *). Dabei ergab sich mit ganz wenigen Ausnahmen im Durchschnitt stets das gleiche Resultat: Bei bitteren Schokoladen findet sich gewöhnlich nach spätestens 3 Tagen (oft schon nach einem Tag!) ein sehr deutlicher Angriff am Zahnschmelz, während bei Milchschokoladen selten nach 3 Tagen die Spur einer Einwirkung zu sehen war und auch bei längerer Dauer des Versuchs in vielen Fällen ein Angriff überhaupt ausblieb. *) Daraus läßt sich schon jetzt mit Deutlichkeit erkennen, daß bittere Schokoladen im Gegensatz zu den Vollmilchfabrikaten den Zähnen weit eher gefährlich werden können! Hierzu kann gleich bemerkt werden, daß der Zuckergehalt daran offenbar unschuldig ist, da er durchschnittlich bei beiden Schoko-

*) Siehe Tafel 2, S. 40. Schlüssel für die Beurteilung des Angriffs am Zahnschmelz (S. 39).

ladearten auf annähernd gleicher Höhe liegt. Weit eher dürfte die Art der sich entwickelnden Gärung für diese Verhältnisse von Bedeutung sein. Es ließ sich nämlich anhand der Gärversuche feststellen, daß in diesem Schokolade-Speichel-Gemisch eine verhältnismäßig stürmische alkoholische Gärung eintritt, welche ein Gärröhrchen innerhalb von 2 Tagen gewöhnlich mit CO_2 füllt. Die Tatsache, daß nach 24 Stunden gewöhnlich nur 2 ccm CO_2 vorhanden sind, findet durch die Annahme, daß die Hefesporen erst auskeimen müssen, ihre Erklärung. Allerdings ist die etwas schnellere Gärung nach Kauen mit ungeputztem Munde wohl ein Hinweis darauf, daß eine Ergänzung des Enzymkomplexes der Hefe durch den Speichel sehr wahrscheinlich ist. Daß es sich nun dabei tatsächlich um alkoholische Gärung handelt, ließ sich dadurch beweisen, daß diese durch dieselben Stoffe gehemmt und beschleunigt wird, wie sie in der Gärungstechnik bekannt sind. (analog Wohinz' Versuchen.)

Die Tatsache, daß die Gärung der bitteren Schokoladen zu einem Angriff des Schmelzes führt, während dies bei den Milchschokoladen nicht der Fall ist, erforderte eine Erklärung. Zunächst wurde die Vermutung bestätigt, daß es bei den Milchschokoladen zu einer Milchsäure-Gärung kommt, welche nach den bisherigen Erfahrungen (vergl. Wohinz) die Hefe-Gärung hemmt. In allen untersuchten Fällen (ungefähr 18) ließ sich Milchsäure nach der Methode von Hopkins-Flecher (J. O. physiol. 36 302) nachweisen; außerdem trat, besonders nach dem Auszug der Milchsäure aus dem Substrat, deutlicher Milchsäure-Geruch hervor. Dieser war bei bitteren Schokoladen nicht zu bemerken, bei denen auch die versuchten (6) Milchsäure-Nachweise negativ ausfielen. Dagegen trat hier meist eine deutlich wahrnehmbare stärkere Aromabildung auf, welche häufig mit unverkennbarem Hefegeruch verbunden war. In manchen Fällen bildete sich eine Hefedecke, ein faltenaufwerfender Belag. Gelegentlich trat wohl auch Buttersäureentwicklung ein. Jedenfalls ließ sich mitunter Buttersäuregeruch wahrnehmen. Schließlich war nicht selten Schimmelbildung zu verzeichnen (grüne Sporen). Die Untersuchung des p (H) ergab fast regelmäßig für bittere Schokoladen nach 2 bis 3 Tagen ein p (H) von 3 bis 3,4, für Milchschokoladen selten ein p (H) tiefer unter 4 und dann meistens bis 3,8. Die gleichen Werte fand Wohinz (28) auch bei Gärversuchen mit Brot-Speichelbrei. Es ist also die interessante Tatsache zu verzeichnen, daß der Gärungsprozeß der Bitterschokoladen etwa dem des Hefegebäcks entspricht, während der von Milchschokoladen dem der Sauerteigbackwaren gleichzustellen ist.

Wohl der eindeutigste Beweis dafür, daß es bei den bitteren Schokoladen zur Hefegärung kommt, kann durch mikrophotographische Aufnahmen von Kakaohefe erbracht werden, welche aus mit

gleicher Schokolade (3, bitter, 54 %) und Speichel von verschiedenen Personen angesetzten Auskeimungsversuchen entnommen wurde.

Aus den Protokollen dieser Versuche (D) ergibt sich folgendes Bild:

Versuch 1): 3 bitter (54 %) — III:

1. Tag: Eine Tafel gekaut und in sterilen Topf gespuckt.
2. „ —
3. „ (Ofen aus!) Da Brei zu dick erscheint, (Ofen!) Speichel nachgespuckt. Darauf p (H) ca. 3,5! Nach Umrühren etwa Buttersäuregeruch, vorher etwa normal.
4. „ p(H) riecht sauer.
5. „ 2 linsengroße Hefebeläge.
6. „ p (H) 3. Dicht an dicht, teilweise konfluierende, punkt- bis kirschkerngroße, flache, rosa bis bräunliche Flecke. Aussehen wie „Wasserente".
   Mikroskopisch Hefezellen sichtbar. (Mikr.-Phot. Aufnahme).
10. „ Sehr faltige flechtwerkähnliche Hefedecke. Darunter größere Gasblasen (CO_2). Stechend aromatisch angenehmer Geruch (Abb. 1).

Versuch 2): 3 bitter (54 % — II:

1. Tag: Eine halbe Tafel gekaut und in sterilen Topf gespuckt.
2. „ Topf bleibt geschlossen! Blasen im Brei. Beginnende Entmischung.
3. „ Verschieden große Hefeherde sichtbar (außer einigen linsen- bis erbsengroßen Stellen eine über 5-Markstück-groß, zwei ungefähr 2-Markstück-groß).
4. „ Deckel gelüftet. Abstrich und photographische Aufnahme. (Abb. 2). — Einige Blasen unter der Hefedecke.
6. „ Gleichmäßige Hefedecke. Deutlicher Hefegeruch.
   Einige Tage später reichlich größere und kleinere Blasen unter dem dichten, dicken Belag.

Versuch 3a): 3 bitter (54 %) — V:

1. Tag: Eine halbe Tafel nach gründlicher Optimax-Reinigung gekaut und in sterilen Topf gespuckt.
2. „ Nichts zu sehen.
3. „ Ebenfalls.
4. „ Einige stumpfe Flecke (hauchähnlich, nicht als Belag zu bezeichnen).
6. „ Flecke etwas größer, einige neu. (Eine winzige weiße Schimmelstelle, ca. linsengroß).
9. „ Hauchartiger Belag von etwa Talergröße.
11. „ „Belag" etwas gewachsen, noch keine zusammenhängende Decke nach 11 Tagen!

Versuch 3b): 3 biter (54 %) — V:

1. Tag: Eine halbe Tafel nach gründlicher Mundreinigung, wie üblich (Zahnbürste) gekaut und in sterilen Topf gespuckt.
2. „ Ofen aus! In glatter Oberfläche einige Blasenlöcher. Am Rande noch transparenter Belag, dabei schon leichte Faltenbildung.
3.u.4. „ Ofen über Nacht ausgegangen. 4. Tag: Dicht an dicht kleine hellere Stellen, ungefähr wie „milliare Aussaat". Eine winzige, weiße schimmelähnliche Stelle.
5. „ Derselbe Anblick. Eine Schimmelstelle. Am Rande verschiedene, anscheinend tote Hefestellen?
8. „ Mikroskop. Präparat (Abb. 3) zeigt neben großer Anzahl Hefestellen auch einzelne Milchsäurestäbchen und Kokken.

Ein Versuch mit „5 bitter (59 %) — VI" ergab nach 4 Tagen zwei 5-Pfennigstückgroße wässerig glasige Plaques, nach 7 Tagen zwei Zehnpfennigstückgroße, weißlich zerflossene Stellen auf glattem feucht-glänzendem Brei. Im mikroskop. Präparat waren vorwiegend Milchsäurestäbchen zu sehen, Hefe war nicht deutlich zu erkennen. (Letzteres könnte jedoch u. U. an der Art des Abstriches *) gelegen haben). Die weißen Stellen wurden nach Erkalten als Kakaobutter erkannt.

Ein Versuch mit „3 Milch (30 %) — II" ergab nach 2 Tagen mehrere hauchdünne Beläge, die sich in den folgenden Tagen etwas vergrößerten. Der Brei zeigte nach 9 Tagen vorwiegend glatte und glänzende Oberfläche. Mikroskopisch bestand kein großer Unterschied zwischen diesem und dem vorhergegangenen Versuch.

Es ist auffällig, daß auch in einem Versuch mit bitterer Schokolade Milchsäurestäbchen zu finden waren. Als Regel kann dies nicht angesehen werden.

Hier sei jedoch die Vermutung ausgesprochen, daß Milchsäuregärung bei bitteren Schokoladen nach Milchschokolade-Genuß, bezw. Kauen für Versuch, durchaus nicht ganz von der Hand zu weisen ist. Eine Durchsicht der Versuchsprotokolle läßt für eine ganze Reihe von Fällen, in denen bei bitteren Schokoladen kein oder nur ein sehr schwacher Angriff zu verzeichnen war, die Deutung zu, daß es auf Grund eines vorhergehenden Versuches mit Milchschokolade schnell zu einem Überwiegen der Milchsäuregärung kam, wofür u. U. schlechte Mundreinigung mit verantwortlich zu machen wäre. Ähnliches wäre auch für Versuch 3a) anzunehmen. Der Grad der Mundreinigung scheint aber auch an und für sich auf die Entwicklungsfähigkeit der Hefe Einfluß zu haben.

*) der in diesem Falle nicht vom Verfasser vorgenommen wurde.

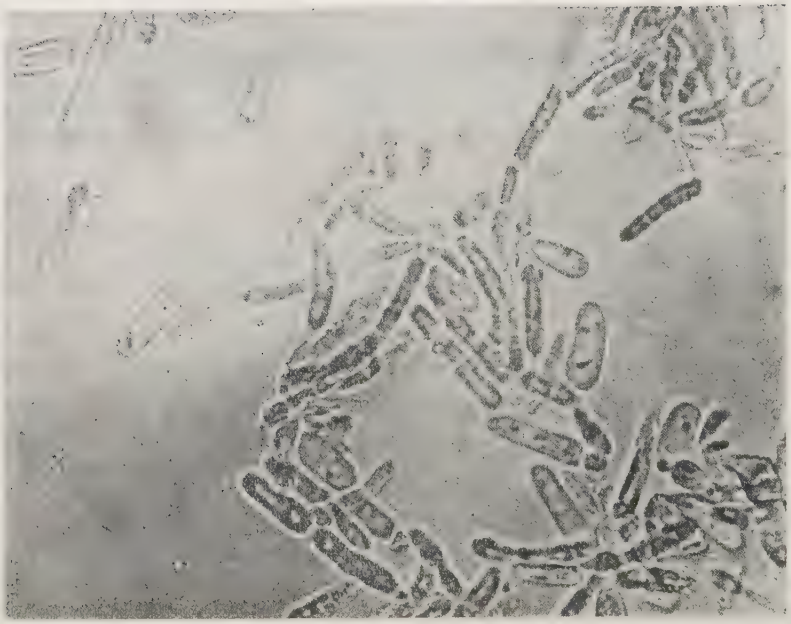


Abb. 1) zeigt Hefe aus Schokolade-Speichelgemisch nach 5 Tagen bei 37° C, aufgenommen in destilliertem Wasser. (Vergrößerung 1000-fach). Schokolade: bitter 54% Kakaobestandteile, Speichel Person III.

Während bei der Abb. 1), welche bei der vitalen Hefe sehr gut Kerne, Fett-Tröpfen und Struktur erkennen läßt, noch gewisse Zweifel über die Art der Hefe möglich sind, (bei der wenig einheitlichen Form der Zellen soll nicht behauptet werden, daß es sich nur um Kakaohefe handelt, obgleich die Vermutung ausgesprochen sei) zeigt ein Vergleich der Abb. 2, 3 und 4 deutliche Unterschiede zwischen der Bäckerhefe und der auf Kakao gewachsenen Hefeart.

Es ist anzunehmen, daß es sich bei der auf den Abb. 1—3 dargestellten Hefe um die spezifische Kakaohefe handelt. Diese muß also den Verarbeitungsprozeß des Kakao überstanden haben. Für diese Annahme spricht zunächst die in Fachkreisen bekannte Tatsache, daß in den der Kakaobestandteile anhaftenden Resten von Fruchtmus aus dem Rottungsvorgang (Kakaofermentation) verbliebene Hefesporen enthalten sind. *) In welchem Maße bei dem

*) Das Vorhandensein von Kakaohefe auf der Kakaoschale ist bekannt. In der Industrie wird es ausgenutzt zur Herstellung eiweißreicher Viehfutter durch Vergärenlassen von gemahlenen Kakaoschalen und -keimen.

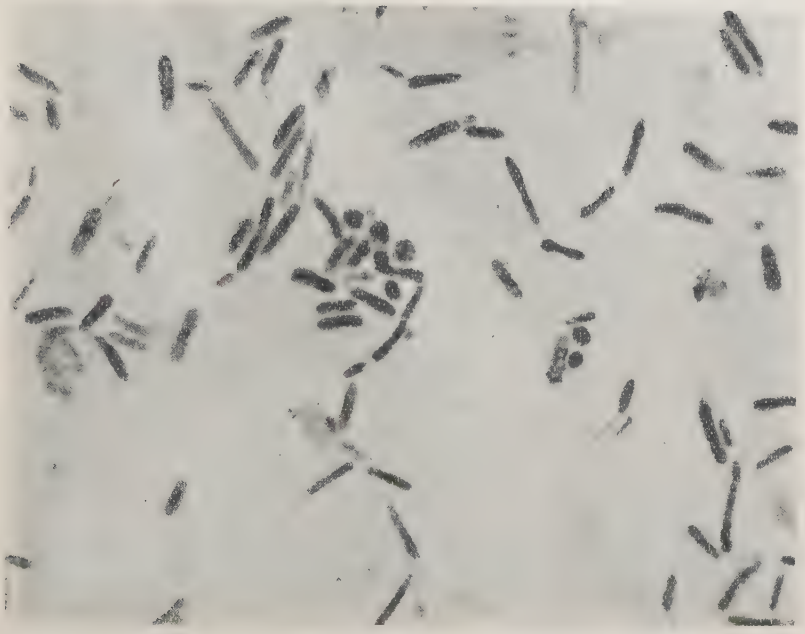


Abb. 2) zeigt Hefe aus Schokolade-Speichelgemisch nach 3 Tagen bei 37° C; Ausstrichpräparat, gefärbt mit Hämatoxylin, (Vergrößerung 1000-fach). Schokolade 3 bitter, 54% Kakaobestandteile. Speichel Person II.

üblichen Verlauf der Gärung während des Rottungsvorgangs Kleinlebewesen selbst die Kakaoschale durchdringen, scheint Finke (8) nicht geklärt zu sein. Es besteht wohl auch keine Notwendigkeit dafür, dieses anzunehmen, um das Vorhandensein von Hefesporen in der Schokolade zu erklären, denn es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß bei der maschinellen Zerkleinerung der gerösteten Bohnen (Schälen, Brechen, Walzen) die auf der Schale vielleicht in Resten von Fruchtmus haftenden Bakteriensporen aufgewirbelt und so in die Kakaomasse hineingearbeitet werden können. Außerdem geraten auch durch den auf dem normalen Fabrikationswege (vergl. S. 8/9) zugesetzten Kakaogrus bereits kleine Schalenteilchen direkt in die Kakaomasse. Die Abbildungen der Kakaohefe dürften jedenfalls einen genügenden Beweis erbringen, daß mindestens die Sporen der Hefe den Röstungsprozeß wenigstens zum Teil überstehen.

Daß der Röstprozeß auf die Gärungsfähigkeit der Schokolade im Gemisch mit Speichel keinen so großen Einfluß haben kann, er-

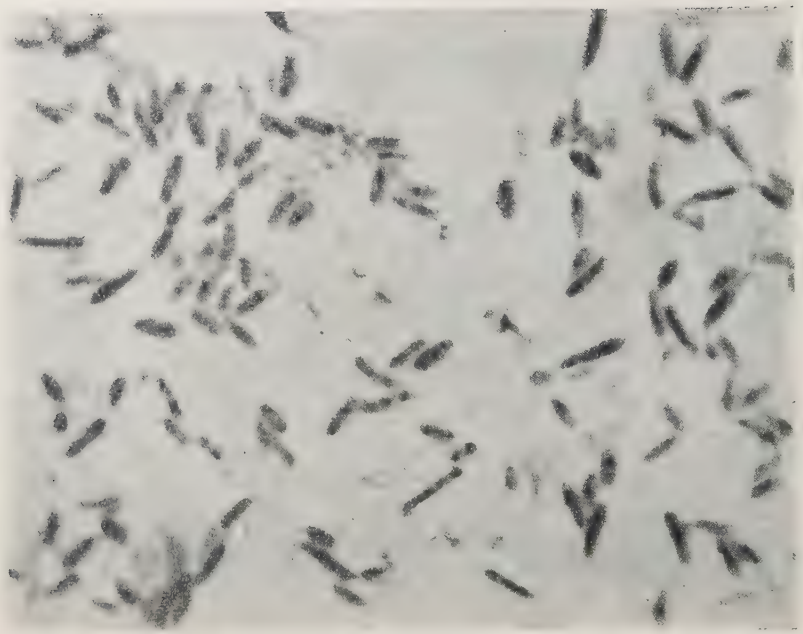


Abb. 3) zeigt aus Schokolade-Speichelgemisch nach (7) 5 Tagen bei 37° C; Ausstrichpräparat, gefärbt mit Hämatroxylin, (Vergrößerung 1000-fach). Schokolade wie oben, Speichel Person V.

gab sich aus Gärversuchen mit verschiedenen Schokoladen, welche längere Zeit verschieden hoch und lange auf über 100° C (bis zu 200° C) erhitzt und dann nach Abkühlung gekaut wurden. (S. Versuchsreihe E. Tafel 4, S. 42). Während Milchschokolade bei den höheren Temperaturen schneller verkohlte und nicht mehr vergor, ließen sich verschiedene bittere Schokoladen längere Zeit erheblich über 100° C erhitzen, ohne ganz zu verkohlen. Dabei bildet sich ein neues, angenehmes Aroma, welches durch die Gegenwart von Zucker sicher etwas beeinflußt ist (Karamell). — Die Gärfähigkeit bleibt dann erhalten, die Gärung im Gemisch mit Speichel setzt jedoch 2 Tage später ein als sonst.

Es verdient nochmals besonders hervorgehoben zu werden, daß die Gärung nicht auf der Gegenwart von Saccharose (Verbrauchszucker) beruht, der ja nach den vorstehenden Untersuchungen im Speichel nach Zusatz von Bäckerhefe alkoholisch vergärt. Zu unter-

*) aber auch auf Milchsäurebildung, obgleich der Milchsäure-Nachweis nicht gelang.

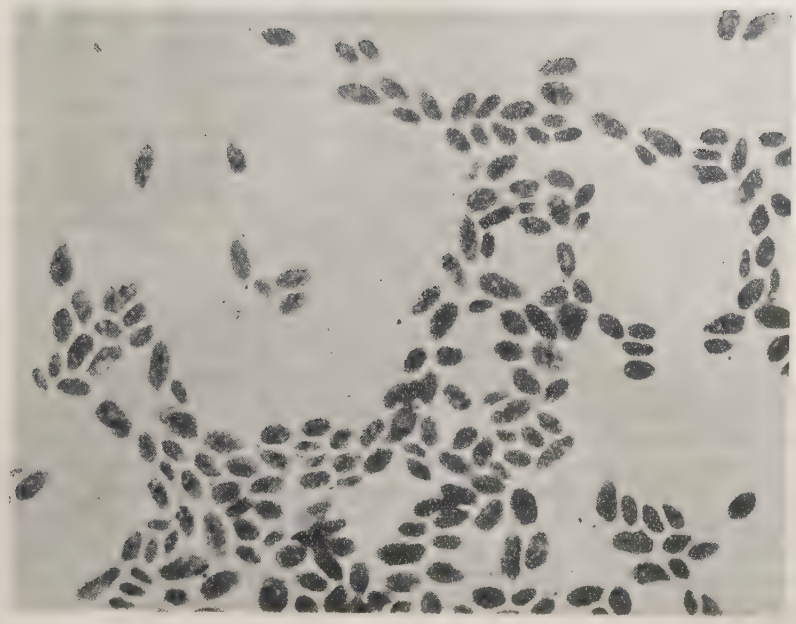


Abb. 4) Zum Vergleich: Bäckerhefe. Ausstrichpräparat der mit Wasser verrührten Hefe, Färbung mit Hämatroxylin, Vergrößerung 1000-fach).

suchen wäre noch, ob Kakaohefe den Rohrzucker im Gemisch mit Speichel zu spalten und zu vergären vermag! Dagegen könnte vielleicht die Beobachtung sprechen, daß bei Verwendung von Reagenzgläsern für Gärversuche, in denen das Substrat durch einen Vaseline-Pfropf luftdicht abgeschlossen wurde, nach gewisser Zeit (2—3 Tage) ein Stillstand der alkoholischen Gärung eintritt, was auf ausschließliche Vergärung der Stärke schließen lassen könnte. *) Fest steht jedenfalls, daß die Gegenwart von Rohrzucker zur Gärung von Kakao nicht erforderlich ist. Das ergab sich eindeutig aus Versuchen mit Speichel und Kakaomasse wie auch mit Kernen gerösteter Bohnen. Wenngleich im Kakaokern und in der Kakaomasse etwa 1 % an verschiedenen Zuckerarten vorhanden ist, so kann doch aus den erwähnten Tatsachen wohl geschlossen werden, daß für die alkoholische Gärung der Schokolade besonders die Kakaostärke (6 % des Kakaokerns) der nötige Ausgangsstoff ist. (Nicht undenkbar wäre auch eine gewisse Vergärfähigkeit der Zellwandung (ca. 5 % der Kakaomasse!), welche aber sicher auch zu vernachlässigen wäre). Dennoch müssen, wie es fast scheint, wei-

tere Voraussetzungen unbedingt gegeben sein, um eine alkoholische Gärung aufkommen zu lassen. Trotz verschiedener Versuchsanordnung wurde nämlich von mir in keinem Falle *) bei Versetzen mit Wasser eine alkoholische Gärung erreicht! Alle Versuche, die mit Gemischen von Schokolade mit abgekochtem Leitungs- oder mit destilliertem Wasser in verschiedenen Konzentrationen — in dünnerer Konzentration teilweise unter Zusatz von Toluol und mit Salzen (um Klasmolyse der Hefe zu verhüten) — mit Maltose und Glukose gemacht wurden, fielen in diesem Sinne negativ aus. Auch auf Agar war in einem Versuch von längerer Dauer keine Hefe zu züchten. Es hat daher den Anschein, als ob Speichel für das Wachstum der Kakaohefe besonders günstige Eigenschaften besitzt.

Für die Rolle, welche der Speichel für den Mechanismus der Kakaohefegärung spielt, lassen sich einstweilen fast nur Vermutungen äußern; es war mir leider nicht möglich, diese Frage eingehender zu untersuchen. Im Zusammenhang damit muß daher eine Reihe von Fragen offen bleiben. Es erscheint z. B. wohl möglich, daß durch den Rottungsvorgang entstehende organische Säuren (Essigsäure, Oxalsäure) außer durch die normalerweise im Kakaokern vorhandenen Gerbsäuren in der Zeit, die zwischen dem Abtöten des Keimes durch die Rottung und dem Rösten der Bohne liegt, oder auch während der Röstung der Bohne und der weiteren Verarbeitung des Kernes, auch eine gewisse Aufschließung der Kakaostärke erfolgt (soweit dies nicht in einem gewissen geringfügigen Maße schon vor der Rottung durch Kakaostärke-Enzyme als erfolgt anzunehmen ist). Sollte jedoch, wofür der geringe Wassergehalt nach dem Trocknen der fermentierten Kakaobohnen sprechen würde, nur eine geringe oder keine Aufschließung der Stärke vorliegen, sollten außerdem die begleitenden Enzyme der Stärke durch den Röstprozeß geschädigt oder teilweise zerstört sein, so muß wohl die Aufschließung und Verzuckerung durch Fermente des Speichels (Diastase, Maltase) die alkoholische Vergärung der Kakaostärke wesentlich beschleunigen können, zumal ja die Hefe durch den Röstprozeß in ihrer Entwicklungsfähigkeit etwas gehemmt wird.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der Gärung höheren Temperaturen ausgesetzter Schokoladen taucht eine andere Frage auf, die genauer überprüft zu werden verdient. Gehen bei diesen Temperaturen die Hefesporen selbst zugrunde oder ist die dann noch vorhandene Fähigkeit, alkoholisch zu vergären, möglicherweise auch — oder sogar allein — an hitze-

*) Abgesehen von einem Falle, in dem nach Abkühlung des Substrates auf Zimmertemperatur die kristallisierte Fettschicht entfernt wurde, wobei vermutlich eine Infektion durch Bäckerhefe eintrat.

beständige Fermente und Enzyme der Hefe (oder vielleicht auch Enzyme der Stärke) gebunden?

Es erscheint durchaus möglich, daß Hefesporen der Kakaohefe selbst die angewandten höheren Temperaturen bis zu einem gewissen Grade überdauern. Wie aus den Versuchen der Versuchsreihe E *) hervorgeht, tritt nach dem Erhitzen der Schokolade erst nach etwa 3 Tagen allmählich alkoholische Gärung des Schokolade-Speichelgemisches ein. Das erscheint uns als ein genügend deutlicher Beweis für die überwiegende Abhängigkeit der alkoholischen Kakaogärung von lebender Hefe, welche innerhalb dieser Zeit aus unvernichteten Hefesporen hervorgehen konnte.

Eine weitere Stütze für die Annahme, daß Erhitzen von Kakaokern bezw. -masse oder Schokolade, in dem Sinne auf die Hefe wirkt, wird auch durch etwa analoge mit Bäckerhefe gegeben. Kurz auf über 100° C erhitzte Bäckerhefe (in Pulverform, der besseren Hitzeeinwirkung halber) ergibt im Gärversuch nach 2.4 h ein zur Hälfte mit CO_2 gefülltes Gärröhrchen, das nach 2 Tagen vollständig gasgefüllt ist (Wohinz). — Dieser Versuch entspricht etwa einem solchen mit gewöhnlicher Schokolade (Röstung der Kakaobohnen). — Auch höheres Erhitzen von kurzer Dauer erweist sich als unschädlich, solange die Hefe nicht sehr fein pulverisiert ist. Es tritt dann gewöhnlich nur eine Verlangsamung bezw. ein verspäteter Beginn der Gärung ein, wie wir es bei den Schokoladeversuchen der Versuchsreihe E *) kennengelernt haben.

Wohinz (28) fand auch, daß Bäckerhefe ihre Gärfähigkeit durch einmaliges Kochen nicht einbüßt. Der filtrierte Hefe-Kochsaft (Bakterien-Filter) vergärt Maltoselösung nicht mehr. Daher kann es sich bei der Gärung durch Bäckerhefe nicht um die Wirkung von Enzymen handeln, sondern die Wirkung muß an geformte Elemente gebunden sein. Wenngleich entsprechende Versuche mit Schokolade nicht gemacht wurden, so erscheint doch für das Verständnis der Kakaohefegärung die Mitteilung dieser Tatsache nicht unwichtig; ebenso sei daher über ähnliche Fragen im Folgenden auch Wohinz zitiert, der wohl in kompetenter Weise eine gute Erklärung der Gärungsvorgänge bei Bäckerhefe angibt:

„Die Gärung mit gekochter Hefe setzt nicht, wie bei frischer Hefe, sofort ein, sondern erst nach Stunden. Das Optimum an CO_2-Entwicklung war in 5 Tagen erreicht (wie etwa in Versuchsreihe E bei Speichelzusatz. Verf.) Vermischt man Hefe-Kochsaft, Maltoselösung und Speichel, so ist das Optimum nach 2 Tagen erreicht. Der Zusatz von Speichel beschleunigt also die Gärung. (!) Da ein Teil der Fermente der Hefe (Maltase, Phosphatase) sich in

*) Tafel 4, S. 42

Speichel vorfindet, so ist eine ergänzende Wirkung durch den Speichel durchaus denkbar.

Die Tatsache, daß die Gärung im Hefe-Kochsaft langsamer angeht, läßt vermuten, daß Sporen, die gegen Hitzeeinwirkung bedeutend widerstandsfähiger sind, den Kochprozeß überdauern, und nach dem Auskeimen bei Bruttemperatur die Gärung verursachen. Diese Annahme wird bestätigt dadurch, daß Hefe-Kochsaft, der 24 Stunden lang mit 2%iger Maltoselösung angesetzt war und nach dieser Zeit noch einmal aufgekocht wurde, nunmehr, auch nach Zusatz von Speichel, seine Gärkraft verloren hatte." (a. a. O. S. 906).

Aus den Untersuchungen über die Gärfähigkeit über 100° C erhitzter Schokoladen ging hervor, daß hier etwa analoge Verhältnisse zu den von Wohinz angeführten Versuchen mit trocken erhitzter Bäckerhefe vorliegen. Auch im Hinblick auf die Hefe-Koch-Versuche von Wohinz ist dabei die schon erwähnte Tatsache besonders erwähnenswert, daß im Gemisch mit Wasser Kakaohefegärung von Schokolade trotz eifrigen Bemühens nicht zu erreichen war, sodaß es sich hier also in besonders starkem Maße um eine ergänzende (Suppliment-) Wirkung von Speichelfermenten handeln könnte.

In dem Zusammenhang sei kurz auszugsweise das Ergebnis einer Gärversuchsreihe mit einer durchspeichelten Milchschokolade (3, Milch, 30% — III) mitgeteilt: *)

Nach vorheriger gründlicher Mundreinigung wurden je 2 Stück Schokolade gekaut und dann die Versuche im Reagenzglas angesetzt (ca. 8 ccm Substrat unter Vaselinepfropf).

Versuch 1) Ohne besondere Behandlung (Kontrolle). — Nach 2 Tagen entwickelt das Substrat 1/3 Volumen CO_2! Nach 3 Tagen ist das Verhältnis CO_2 : Substrat = 1 : 1. Nach 5 Tagen etwa 2 : 1!

Versuch 2) Substrat kurz (ca. 1 Minute) aufgekocht. Nach 2 Tagen nicht gegoren. Nach 3 Tagen Gärungsbeginn. Nach 5 Tagen ist das Verhältnis CO_2 : Substrat fast 2/3 : 1.

Versuch 3) Substrat eine gute Viertelstunde im Wasserbad unter Umrühren gekocht. — Nach 2 Tagen nicht gegoren! Nach 5 Tagen erst deutlicher Gärungseinsatz. Nach 6 Tagen kein deutlicher Fortschritt der alkoholischen Gärung; etwa 1 ccm CO_2.

*) Dabei sei erwähnt, daß der Brutschrank im Anfang (über Sonntag) etwa 1 1/2 Tage und ebenfalls vom 3. zum 4. Tage über Nacht ausgegangen war, was sich im allgemeinen im Sinne einer Verzögerung bezw. Verlangsamung der Gärung auswirkt (bes. bei niedriger Anfangstemperatur).

Aus den Versuchen geht hervor, daß selbst längeres Kochen (in einem weiteren Versuch trat sogar nach einer Kochzeit von 3/4 Stunden nach längerer Zeit noch alkoholische Gärung ein) die Kakaohefesporen nicht abtöten kann. Besonders bemerkenswert ist, daß es sich bei der untersuchten Schokolade um Milchschokolade handelt, bei der es nach dem Abkochen offenbar nicht mehr oder zu keiner erheblichen Milchsäuregärung kam, welche die alkoholische Gärung vollkommen hätte verhindern müssen.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchungen ist festzustellen, daß es in Schokolade-Speichelgemischen in vitro zu Hefegärung kommt, welche bei den bitteren Schokoladen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu einer Entmineralisation des Zahnschmelzes führt. Daß dies bei Milchschokoladen selten, und dann nur bei längerer Versuchsdauer der Fall ist, könnte, wie schon ausgeführt, durch eine die alkoholische Gärung abdrosselnde Wirkung der bald einsetzenden Milchsäuregärung zustande kommen. Eine weitere Erklärung für das Ausbleiben des Angriffs ist möglicherweise ferner darin gegeben, daß die Salze der Milchschokoladen puffernd zu wirken imstande sind. Wie schon angegeben ist die Asche des Kakaos reich an phosphorsauren Salzen des Kaliums Magnesium. Es handelt sich dabei jedoch um nur in wenigen mg/100 ccm H_2O lösliche, also praktisch unlösliche Salze. *) Dagegen liegen in den Phosphaten der Milch leichtlösliche Salze vor; dasselbe ist von deren Chloriden zu sagen, die jedoch an Menge und Bedeutung weit hinter den Phosphaten zurückstehen.

Inwiefern es möglich ist, daß Phosphatpufferung bei den Gärversuchen den Angriff am Zahnschmelz verhütet, ist noch zu klären. Wohinz (28) neigt zu der Ansicht, daß es sich nicht um eine puffernde Wirkung bei Zusatz von Phosphaten (wirksame Konzentration liegt bei 1 %, auf die angewandte Brotmenge berechnet) zu Brotspeichelbrei handele. (a. a. O. S. 907). Auch von einem anderen Gesichtspunkt aus könnte nämlich die Wirkung des Phosphorgehalts von Bedeutung sein, insofern, als zur Einleitung jeder Gärung Phosphorsäure benötigt wird.

Dieser Ansicht verlieh in einem Vortrag in Dresden auch schon Prof. Schröder Ausdruck, schon bevor Mathis (15) auf die Bedeutung des Vorkommens von Calcium und Magnesium, sowie des Phosphations im Speichel als die des Herauslösens dieser Ionen aus dem Zahn verhinderte Faktoren aufmerksam machte. Anläßlich der Besprechung der Untersuchungen über die Beeinflussung des Phosphorgehaltes im Speichel durch phosphorhaltige Präparate und Nahrungsmittel, führt Schröder (23) aus, daß, falls nicht genügend

*) Auch die anderen Ionen-Verbindungen sind schwer löslich.

Phosphorsäure im Speichel vorhanden ist, eventuell Calciumphosphate des Zahnes für den Bedarf an Phosphorsäure bei Gärungsvorgängen in Anspruch genommen werden. Die im Speichel vorhandenen Calciumphosphate sollen in Verfolg dieser Annahme „gewissermaßen eine Schutzbarriere bilden für die Calciumphosphate des Zahnes und den Schmelz schützen". Dafür wäre die Gegenwart eines Enzymes, das die Veresterung mit Hexose bewirkt (also einer Phosphatese) erforderlich. Diese ist bisher nicht nachgewiesen. Venkata Giri (Bio. chem. Zeitschrift 1936) wiesen dagegen eine Phosphatase im Speichel nach. Da jedoch die Tatsache, daß eine alkoholische Gärung im Munde in Gang kommt, zweifelsohne eine Veresterung der Hexose voraussetzen läßt, wird z. Zt. in der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung die Frage untersucht, ob sich der Phosphorgehalt der Nahrung in einem erhöhten Phosphatgehalt des Speichels widerspiegelt. Die erste dieser Arbeiten (Dissertation Bleser (3)) scheint die Annahme bereits zu bestätigen.

Es lag nun nahe, auch zu untersuchen, ob ein Zusatz von löslichen Phosphaten zu bitteren Schokoladen im Gemisch mit Speichel ebenfalls einen Angriff am Zahn zu verhüten in der Lage ist. (Versuchsreihe P, Tafel 5 S. 43). Tatsächlich ist das der Fall.

Während schon Wohinz (28) eine angriffverhütende Wirkung bei Brotspeichelbreigärung bei Zusatz von 1 % Phosphat findet, konnte ich allerdings bei der Schokolade-Speichelbreigärung mit 1%iger Konzentration ($CaHPO_4$) (bezogen auf die Schokolade) noch keine regelmäßig eindeutigen Resultate im gleichen Sinne erzielen. Bei einer Konzentration von 2 % Dicalciumphosphat dagegen ergab sich in allen Fällen ein klares Bild darüber, daß Dicalciumphosphat geeignet ist, den Zahnschmelz vor dem Angriff durch Gärungssäuren bezw. -vorgänge zu schützen. Es ergab sich in keinem Falle eine bemerkbare Mineralentziehung. Der Zahnschmelz blieb völlig glatt und unverändert.

Aus Kontrollversuchen mit Zusatz von 2 % Di-Kaliumphosphat *) ergab sich dagegen die interessante Tatsache, daß dieses den Angriff nicht verhütet, sodaß anscheinend auch dem Ca-Ion hier eine besondere Bedeutung zukommt.

Zusatz von rotem Phosphor hatte gleichfalls keine angriffsverhütende Wirkung.

Schließlich wurden zum Vergleich 2 % Di-Calciumphosphat äquivalente Mengen von Trikalkol (einem an Milcheiweiß gebundenen Calciumphosphat) und Phytin (Pflanzenpräparat mit 22 %

*) Die äquivalente Menge Di-Kaliumphosphat würde 2,6 % betragen.

organisch gebundener Phosphorsäure, Inosithexaphosphorsaures Ca, Mg) zugesetzt (10,6 bezw. 2,8 %).

Die beiden Versuche (Versuchsreihe P d), e)) verliefen nicht ganz einheitlich. Es kann daher noch nicht angegeben werden, ob bezw. in welcher Konzentration vielleicht Phytin im allgemeinen den Angriff zu verhüten in der Lage ist. Phytin ist nun allerdings ein Ester und sendet erst nach Spaltung Ca und Mg-Ionen in Lösung, weshalb ein ähnliches Verhalten wie vom roten Phosphor wahrscheinlich ist.

Für Trikalkol ergab sich in beiden Fällen nicht der allergeringste Angriff am Schmelz. Dieser blieb vielmehr völlig glatt und wurde nicht heller bezw. opak. Demnach muß wohl das Ca-Ion von großer Bedeutung sein.

Aus den Versuchen mit Zusatz von Phosphaten geht somit hervor, daß am eindeutigsten Calciumphosphat, und zwar das sekundäre wie auch der tertiäre *) in kolloidaler Bindung an Milcheiweiß die schädliche Wirkung der Gärung und der Gärungssäure aufhebt. Wie man sich die Tatsache zu erklären hat, daß der Zusatz löslichen Phosphats, welches kein Calcium enthält (K_2HPO_4) den Angriff nicht zu verhüten in der Lage ist, während das eigentlich schwerer lösliche Dicalciumphosphat in der verwandten Form einen Schutz gegen Gärung und Säurewirkung bildet, möchte ich nicht endgültig entscheiden. Was das Tricalciumphosphat anlangt, so könnte man annehmen, daß die Hefe imstande ist, dieses vorübergehend aufzunehmen und in ihrem Stoffwechsel zu verarbeiten, worauf die entstehende Brenztraubensäure das freigewordene Calcium bindet, nur wäre in Rechnung zu setzen, daß zuweilen auch schon 1 % $CaHPO_4$ zur Verhütung von Gärungsschäden genügt haben dürfte. Wie ich Klinke (14) entnehme, sind nämlich die schwerlöslichen Salze unter gewissen Umständen, wie z. B. im Darm auch in der Bindung an Eiweiß und in gewissem Maße auch in kolloidalen Lösungen für den menschlichen Organismus aufnehmbar. Das dürfte ja vielleicht in ähnlicher Weise auch für die Hefe in geeignetem Milieu zutreffen.

Um genauer zu erkennen, inwieweit die in den Schokoladen vorliegenden Phosphormengen vielleicht von Einfluß auf deren Schädlichkeit für die Zähne sein könnten, wurde von der überwiegenden Mehrzahl der Schokoladen, die ich untersuchte, der absolute Phosphorgehalt nach der auch von Bieser (3) verwandten Methode von Lohmann-Jendrassik (in: L. Jendrassik und Chr. Bomskov: Über organische Phosphorverbindungen im Blut, Hoppe-Seylers Z. f. physiol. Chem. 210, S. 67 (1932)) bestimmt. Die stark ab-

*) Primäres Calcium-Phosphat nicht versucht.

gerundeten, in die Tabelle 2 aufgenommenen Zahlen lassen keine Abhängigkeit der Schädlichkeit der Schokolade von dem absoluten Phosphorgehalt erkennen. Dieser ist bei bitteren wie bei Milchschokoladen starken Schwankungen unterworfen. Die Werte liegen etwa zwischen 500 und 1000 mg % P_2O_5. Der P_2O_5-Gehalt von 2 % $Ca\text{-}HPO_4$ würde, berechnet für 100 g Schokolade 2087 mg % ausmachen. Daraus geht zugleich hervor, daß für den Nichtangriff bei Milchschokoladen der Einsatz der Milchsäuregärung offenbar von entscheidenderer Bedeutung ist als die Pufferung durch deren Phosphate; es ist dabei zu bedenken, daß häufig auch 1 % $Ca\text{-}HPO_4$ schon genügt haben dürfte.

Die von Fincke (8) angegebenen Zahlen für den Phosphorgehalt der Schokoladen liegen fast durchschnittlich um die Hälfte tiefer, was an einer anderen Untersuchungsmethode liegen dürfte. *)

Zum Vergleich sind die Werte Finkes in Tabelle 3 (S. 41) mit geteilt. Aus dieser läßt sich auch die Zusammensetzung des Phosphorgehaltes aus Kakao- und Milchbestandteilen etwa ersehen. Die Zahlen stellen Durchschnittswerte dar, denen die oben (S. 10) angegebenen Werte für die Zusammensetzung des Aschengehalts von Kakao und Milch zugrunde gelegt sind.

Der Mindestgehalt an Phosphor verschiedener Schokoladen liegt jedoch wieder noch tiefer als die Zahlen von Fincke angeben. Berechnen wir nach den Angaben der K. V. über den Mindestgehalt an Kakaomasse so läßt sich für Bitterschokoladen ein Phosphormindestgehalt von 292 mg % P_2O_5, für den aus der Kakaomasse stammenden Phosphor der phosphorärmsten Milchschokolade 88 mg % P_2O_5 und für letztere bei Zugrundelegung eines „ziemlich hohen" Gehaltes an Milchtrockenmasse (18,7 g %) (vergl. Tabelle 1 und 3 (S. 11 und S. 41)) als Gesamtphosphormenge ca. 300 mg % P_2O_5 berechnen, unter Annahme eines Aschengehalts von 2,6 % der Kakaomasse und durchschnittlichen Phosphorgehalt derselben.

Aus der Tabelle 2 über die Versuchsreihe A, B *) geht in Verbindung mit der Angabe des Gesamtphosphorgehalts der Schokoladen hervor, daß dem Phosphorgehalt der Schokolade schlechthin, insbesondere aber bei bitteren Schokoladen, kein den Angriff durch Gärung entscheidend verhindernder Einfluß zukommt. Milchschokoladen können dagegen nicht nur, wie schon betont ist, durch die

*) Es findet sich nämlich bei Finke verschiedentlich der Hinweis, daß vor Bestimmung des Mineralgehalts das Säurenlösliche abgeschieden wurde. Aus der Anlage der Tabellen geht aber nicht immer ausreichend hervor, welche Untersuchungsmethoden angewandt wurden. Jedenfalls dürfte es sich um den Nachweis nur der Phosphate handeln.

**) S 40

Entwicklung der weniger gefährlichen Milchsäuregärung einen langsameren Angriff von Gärungssäure auf den Zahn bewirken, sie können vermutlich auch infolge einer anderen Zusammensetzung der Phosphat-Anionen sicher auch bis zu einem gewissen Grade einen Säure-Angriff verhindern. Dabei muß jedoch aufgrund unserer Versuche mit Zusatz von Phosphaten als sicher angenommen werden, daß hier zwar die richtigen Phosphate, diese jedoch nicht immer in der nötigen Menge vorhanden sind, denn es sei nochmals darauf hingewiesen, daß erst bei Zusatz von 2 % Di-Calciumphosphat regelmäßig eine Entmineralisation des Zahnschmelzes bei bitteren Schokoladen verhindert wurde, während die in Milchschokoladen vorhandene Gesamtphosphatmenge im Durchschnitt unter 1 % (berechnet als P_2O_5) beträgt. Genauere Zahlen darüber sind ja bereits angegeben und auch aus den Tabellen ersichtlich.

Für die Beurteilung der schädigenden Wirkung von Schokolade muß nach den Erkenntnissen über die Bedeutung der Phosphate nun auch der Posphatgehalt des Speichels beachtet werden. Dieser ist allerdings im Verhältnis zu den obenangegebenen Zahlen relativ gering. Der Phosphorgehalt, bei dem es sich nach Mathis fast ausschließlich um das anorganische Phosphat handelt, beträgt nämlich rund 15,4 mg % (Mathis (1) a. a. O. S. 893). Der Calciumgehalt beträgt 5—7 mg % im Speichel (im Serum 10—12 mg %). Der Gehalt an Magnesium im Speichel ist sehr spärlich. Seine Menge beträgt rund 0,30 mg %. Mathis (1), dem ich diese Zahlen entnehme, weist darauf hin, daß diese Ionen im Speichel schon deswegen beachtenswert seien, weil sie dazu beitragen, das Herauslösen der gleichen Ionen aus der Zahnsubstanz zu verhindern, was bisher von so gut wie allen Untersuchungen übersehen, aber für die Erhaltung gesunder Zähne von besonderer Bedeutung sei (a. a. O. S. 893). Es wurde schon bemerkt, daß von Schröder diese Tatsache schon früher herausgestellt war.

Obgleich wir nach den Reagenzglasversuchen feststellen könnten, daß derartig geringe Mengen an Phosphaten, wie sie nach Mathis normalerweise im Speichel vorliegen, jedenfalls, was die Gärung anbelangt, kaum noch von nennenswerter, kariesverhütender Wirkung sein dürften, ist doch darauf hinzuweisen, daß von einer ganzen Reihe von Autoren dem Phosphorgehalt des Speichels eine solche Wirkung zugeschrieben worden ist. (Außer Schröder, der wiederholt darauf hingewiesen hat, und Chia-Chun-Liang nach Bleser (3), Pickerill 1924, Kersten und Krasnow 1931 u. a.) Außerdem ist natürlich eine so weitgehende Gleichsetzung der im Reagenzglas gegebenen Verhältnisse mit den physiologischen Bedingungen im Munde nicht möglich. Es fehlt u. a. als wesentlichste physiologische Gegebenheit in vitro, die dauernde Spülwirkung des

Speichels, durch dessen ständige Erneuerung im Munde einerseits — allerdings mit Ausnahme besonders ungünstig gelagerter Retentionsstellen — eine fortschreitende Verdünnung des gärfähigen Mediums, andererseits sozusagen eine laufende Ergänzung der durch Gärungsvorgänge und entstehende Säure gebundenen Ionen erfolgt oder erfolgen kann. Dabei ist die Speichelviscosität von nicht zu unterschätzender Bedeutung (Mucingehalt). Ist diese groß, so kann auch ein übernormaler Phosphorgehalt natürlich nicht sehr karieshindernd wirken. Das ständige Vorhandensein und die dauernde Ergänzung des Calciumphosphates im Speichel ist sicher entscheidend dafür, daß diesem selbst bei geringerer Konzentration noch eine gewisse kariesverhütende Wirkung zugeschrieben werden kann.

Die Untersuchungen von Chia-Chun-Liang, nach welchen die Kariesanfälligkeit bezw. -resistenz vom Phosphatgehalt des Speichels abhängig sein könnte (30 % Unterschied im Phosphatgehalt bei Kariesanfälligen und bei Kariesresistenten) konnte Bleser allerdings in diesem Maße nicht bestätigen.

Mit dem Ziel, den Phosphatgehalt des Speichels zu erhöhen, um auf diese Weise vielleicht eine wirksame Karies-Prophylaxe zu treiben, untersuchte Bleser (3) nach entsprechender Anweisung d. Ges. f. Kariesforschung u. -bekämpfung, ob sich der Phosphorgehalt des Speichels durch Phosphorgaben und durch phosphorhaltige Nahrung beeinflussen läßt. Dabei wurde im Gegensatz zu früheren Untersuchungen gefunden, daß der Phosphorgehalt im Speichel erheblichen Schwankungen unterliegt, wodurch die von Chia-Chun Liang und anderen gefundenen Werte an Bedeutung verlieren. — Diese sind von der Nahrungsaufnahme abhängig. Durch phosphorhaltige Gaben wurde in verschiedenen Versuchsreihen ein deutliches Steigen des Phosphorspiegels im Speichel erzielt, doch zeigen die stark schwankenden Kurven deutlich, daß keine anhaltende Erhöhung des Phosphorgehaltes erreichbar ist.

Diese Befunde, in denen Höchstwerte von etwa 150 mg % P_2O_5 erreicht wurden, lassen vermuten, daß eine nennenswerte Hemmung des Angriffs von Gärungsvorgängen auf den Zahnschmelz, jedenfalls in vitro, kaum würde erfolgen können. Versuche in dieser Richtung stehen einstweilen noch aus, sind jedoch von der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung in den weiteren Arbeitsplan vorgesehen und es kommt ihnen sicher für die Klärung dieser Fragen und damit für die Kariesprophylaxe mit entscheidende Bedeutung zu.

Sollte es sich dagegen ergeben, daß eine Erhöhung des Phosphorspiegels im Speichel die schädlichen Wirkungen von Gärungsvorgängen nicht nennenswert beeinflussen kann, so würde damit eine Erhöhung des Phosphatgehalts kohlehydratreicher, Gärung und

Karies begünstigender Nahrungsmittel stark in Erwägung zu ziehen sein, ja, eine Koppelung von Kohlehydraten, insbesondere der Hefe enthaltenden, mit Calciumphosphat wäre vielleicht überhaupt das geeignetste Mittel, um der Volksseuche Karies wirksam zu begegnen.

Die Dosierung dieses Mittels muß freilich mit großer Sorgfalt geschehen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Bedarf des Organismus an Calcium mit Abschluß des Wachstums geringer wird und dessen Zufuhr dann weniger wünschenswert und ratsam ist. Das ist sicher auch mit ein Grund, weshalb das Reichsgesundheitsamt gegen eine Versetzung gewisser Nahrungsmittel mit Kalk verschiedentlich eindeutig Stellung genommen hat. Dennoch würde vielleicht der letzte Bescheid vom 18. 1. 1936 des Reichgesundheitsamtes einer Revision zu unterziehen sein, in dem eine künstliche Anreicherung unserer Lebensmittel mit Kalk, wie schon früher (1918), Ablehnung fand. Der von vielen Seiten, u. a. nach Schröder (23), von Price und Jones angenommene Mineralstoffmangel der heutigen Nahrung in den zivilisierten Ländern infolge zu starker Ausnützung des Bodens ist — vermutlich trotz (d. h. wegen noch nicht allgemein genügender) künstlicher Düngung (!) — mit schuld an dem Überhandnehmen der Karies (abgesehen von dem zunehmenden Genuß von Hefe-Backwerk und besonders Hefebrot!). Auch Schröder (23) weist auf die Verarmung des Bodens an Mineralstoffen und dabei besonders auf Phosphor hin, „wird doch mit jedem Sack Korn, der aus der Wirtschaft verkauft wird, so viel Phosphor verkauft, als in 5 kg Thomasmehl vorhanden ist, und mit dem Stalldünger bekommt der Boden nur einen Bruchteil von den ihm entzogenen Mineralstoffen zurück. (a. a. O. S. 75).

Die gleichzeitige Förderung des Genusses konzentrierter mineralstoffarmer oder -freier Kraftnahrung (z. B. Verbrauchszucker) würde einen gewissen Zusatz von Calcium-Phosphat jedenfalls zu einigen dieser Nahrungsmittel m. E. vollauf rechtfertigen. Allerdings ist dies keine reine zahnärztliche Angelegenheit mehr. Diese Frage müßte von Physiologen und Internisten noch einmal eingehender geprüft werden! Dabei wäre dann auch zu prüfen, ob nicht vielleicht primäres Calcium-Phosphat (und sekundäres) vor dem tertiären den Vorzug verdient. Von einer allgemeinen Empfehlung, zu gärungsfähigen Kohlehydraten Calciumphosphat hinzuzusetzen, soll vorerst noch abgesehen werden.

Wenngleich die größere Schädlichkeit der Hefegärung gegenüber der Milchsäuregärung aufgrund der mitgeteilten Untersuchungen für die Möglichkeit einer schädigenden Wirkung bitterer Schokoladen auf die Zähne eindeutig spricht, so ist dabei immer noch zu bedenken, daß es sich um Versuche in vitro handelt. Die Frage der Schädlichkeit der Schokolade für die Zähne kann endgültig nur

unter Berücksichtigung der beim Lebenden vorliegenden Verhältnisse entschieden werden.

Der Umstand, daß es sich bei den Versuchen im Reagenzglas um die Prüfung der Widerstandsfähigkeit eines extrahierten Zahnes handelt, ist sicher weniger bedeutsam, denn man findet kaum einen Unterschied in der Kariesanfälligkeit lebender und toter Zähne in der Mundhöhle. *) Hier sei auch auf Untersuchungsbefunde von R. Weber (27) hingewiesen, welcher anläßlich experimenteller Untersuchungen über die Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes durch den Speichel fand, daß zwischen älteren und frischextrahierten Zähnen kein Unterschied hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber entmineralisierenden bezw. mineralisierenden Einflüssen bestand. In meinen Untersuchungen wurde daher der Zeitpunkt der Extraktion der Versuchszähne unberücksichtigt gelassen.

Der nicht völlig einheitliche Ausfall der Versuche ist auf verschiedene kausale Möglichkeiten zurückzuführen. Zunächst handelt es sich nicht um einheitliche Versuchsobjekte. Es wurden stark kariöse neben völlig gesunden, malakotische neben sklerotischen Zähnen, solche mit völlig glattem und solche mit hypoplastischem Schmelz untersucht. Es ist hier darauf hinzuweisen, daß die widerstandsfähigeren Zähne vielfach den stärker wirksamen Gärungsvorgängen ausgesetzt wurden und umgekehrt. Doch wurde die Berücksichtigung der Zahnstruktur und seines Mineralisationszustandes, welche ja auch schwierig exakt zu beurteilen ist, nicht sehr einheitlich durchgeführt. Ein zweitgehendes Eingehen auf Einzelheiten würde hier nicht nur die Übersicht erschweren, sondern hätte auch den Gang der Untersuchung wesentlich verlangsamt, und zwar ohne eigentlich bemerkbaren Nutzen. Gegenüber der nicht sehr eingehenden Berücksichtigung der genannten, schwer übersehbaren Verhältnisse besitzen die Ergebnisse dieser Untersuchungen dennoch im Großen eine so einheitliche Richtung, daß einzelene Ausnahmen nicht ins Gewicht fallen. Für letztere könnte, wie schon gesagt, eine gewisse Erklärung auch die Beobachtung abgeben, daß in einigen Fällen an dem selben Tage von der gleichen Person vorher eine Schokolade gekaut worden war, die anders vergor. Ob es sich bei dem Genuß bitterer v o r einer Milchschokolade um eine Infektion der letzteren mit Kakaohefe handeln kann oder ob es sich umgekehrt um eine Infektion mit Milchsäurebildnern handelt, sei dahingestellt.

Eine deutliche Abhängigkeit von den Mundverhältnissen der Versuchspersonen (Tabelle S. 13) ergab sich nicht.

*) Wir haben schon bemerkt, daß risse- und sprüngefreie Stellen dem Angriff der Gärungsvorgänge ausgesetzt wurden.

Versuche am Lebenden wurden nicht ausgeführt. Auch eingehendere Betriebsuntersuchungen stehen noch aus.

Wenn Rademacher (18) aufgrund seiner Untersuchungen von Arbeitern zuckerverarbeitender Betriebe zu dem Resultat kommt, daß die Kariesfrequenz bei den Arbeitern dieser Betriebe um ein vielfaches höher ist als in den herangezogenen Vergleichsbetrieben *) und dafür Zucker und Milchsäurebildung verantwortlich macht, so dürfte nach Wohinz (28), wie mitgeteilt, dafür keinesfalls der Zucker verantwortlich zu machen sein, denn daß die schädigende Wirkung des Zuckers allein (Milchsäurebildung (?)) nicht so groß sein kann, erhellt aus den schon mitgeteilten Tatsachen.

Nun sei hier darauf hingewiesen, daß in den von Rademacher untersuchten zuckerverarbeitenden Betrieben auch Pudding- (rohe Stärke, Mais, Korn) und Backpulver, Dragees und Bonbons (Fruchtsäuren) und Nougat (Kakaostärke) hergestellt wurden.

Während nun einerseits, wie von verschiedenen Autoren (u. a. Rademacher) behauptet wird, die Verbindung mit Stärke den Zukker durch größere Klebrigkeit schädlicher machen soll, wird von anderer Seite darauf hingewiesen (Fincke 8)), daß die gute Löslichkeit des Zuckers, dessen Unschädlichkeit als erwiesen angesehen wird, die schädliche Wirkung von Stärke in deren Verbindung mit Zucker bis zur Unwirksamkeit herabsetzen dürfte. Fincke, der letzteres als e i n Argument für die Unschädlichkeit der Schokolade herausstellt, betont, daß die Schokolade noch aus einem weiteren Grunde geringere Haftfähigkeit an den Zähnen und damit keine Schädlichkeit für diese besitze. Aufgrund der Untersuchungen von Zilkens (32) vertritt er die Ansicht, daß Schokolade auch wegen der Leichtschmelzbarkeit des Kakaofettes, der Kakaobutter, welche zusammen mit dem Zucker das leichte Zergehen der Schokolade im Munde bewirkt und zusammen mit Speichel eine die Stärkekörnchen einhüllende Emulsion bildet, rasch vom Speichel hinweggespült wird, sodaß damit schädigende Wirkungen der Stärke entfallen würden. — Hier könnte zugleich auf den geringen Stärkegehalt der Schokolade hingewiesen werden (durchschnittlich 3—4%).

Es ist auch betont worden, daß die Kakaostärkekörnchen infolge ihrer geringen Größe sich besonders leicht festsetzen könnten (Ragnar Berg). Derartige Behauptungen werden von Fincke (8)

*) U. a. werden über die vermeintliche Zuckerschädigung eindrucksvolle Zahlen angegeben. So sind in der „Nährmittel- und Schokoladenfabrik K. & Co." bei der Belegschaft 73,3% Zähne als gesund, 26,7% als krank befunden worden. Bei der „Lakritz- und Bonbonfabrik R." 77,2% gesunde Zähne, 22,8% (22,9% Rademacher) kranke Zähne. Bei den Vergleichsbetrieben „B. & Co." und „D. & Co." lauten die entsprechenden Zahlen: gesunde Zähne 91,2%, kranke 8,8%; gesunde Zähne 88,8%, kranke 11,2%.

mit dem Hinweis zurückgewiesen, daß die Stärkekörner mancher anderer Pflanzen, z. B. ein Teil der Stärkekörnchen des Weizens und die Stärkekörner von Reis und Hafer, ebenso klein oder noch kleiner sind. Sollte die Stärke des Kakaos aber für die Zähne ganz besonders schädlich sein, so müßten bei Arbeitern, die ständig im Kakaopulverstaub arbeiten, der bei ihnen auch in den Mund gelangt, die Zahnschädigungen besonders stark sein. Dies ist jedoch, wie dieser Autor behauptet, nicht der Fall (a. a. O. S. 224).

Es wäre wünschenswert, genauere Betriebsuntersuchungen in Schokoladefabriken über die Zahnverhältnisse der Arbeiter und Angestellten noch durchzuführen. Gegenüber der Feststellung von Fincke ist vielleicht der Hinweis erlaubt, daß es sich bei Kakaopulver bereits um ein stärker verändertes Kakaoprodukt handelt. Allerdings war bei uns, wie hier besonders bemerkt sei, in einigen Ansätzen mit Speichel Kakaostärke in Form von Kakaopulver augenscheinlich ganz alkoholisch vergoren, sodaß die Angaben von Fincke etwas unwahrscheinlich anmuten!

Für die Beurteilung der Schädlichkeit der Schokolade ist einer der wesentlichsten Gesichtspunkte auch die Verweildauer der Schokolade im Munde. Darüber machte Zilkens (32) Versuche mit 75 Schulkindern, bei denen er feststellte, von welchem Zeitpunkt an sich keine Kakaostärke mehr nach dem Genuß von Schokolade im Gebiß nachweisen ließ. Er fand, daß in den weitaus meisten Fällen schon nach 10 Minuten Kakaostärke nicht mehr bemerkbar war. Die dafür benutzte Untersuchungsmethode (Jodnachweis) erscheint wenig präzise. Auch beruht wohl die Methode bis zu einem gewissen Grade auf falschen Voraussetzungen, muß doch das schnelle Verschwinden der Kakaostärke nicht aus dem Grunde erfolgt sein, daß diese sofort vom Speichel fortgespült worden ist, sondern kann doch dafür sehr wohl die Ursache in der Tatsache liegen, daß die Stärke bereits in dieser kurzen Zeit durch das Phyalin des Speichels restlos in Dextrin bezw. Maltose oder sogar schon durch Maltase zu Glukose umgewandelt ist. Dieses kann m. E. an den Retentionsstellen, welche der Spülwirkung des Speichels wenig ausgesetzt sind, sehr wohl in der Form erfolgen, daß bereits vorhandene Speichel-Detritusmassen von Schokoladespeichelbrei überzogen und durchtränkt sind, wodurch eine stärkere Bindung auch des entwickelten Traubenzuckers direkt am Zahn gegeben ist. Auch ist darauf hinzuweisen, daß auch Traubenzucker zwar leicht löslich ist und in der Hauptsache vom Speichel fortgespült werden kann, daß jedoch an wenig von frischem Speichel umspülten Stellen stagnierende Mucinreste, mit diesem einmal in stärkere Verbindung gebracht, ihn wohl länger an Ort und Stelle fesseln können.

Daß die Schokolade, und zwar ganz besonders die bittere, schädlich auf die Zähne wirken kann, sollte demnach außer Zweifel stehen. Bei häufigem Genuß besonders bitterer Schokoladen, vor allem jedoch in Verbindung mit mangelhafter Zahnpflege muß sich diese Schädlichkeit wohl in stark kariesbegünstigendem Sinne auswirken. Ganz besonders ist die Möglichkei dazu gegeben, wenn bei Schokoladegenuß vor dem Schlafengehen ohne nachfolgendes Zähneputzen und gründliches Mundspülen mit gut warmem Wasser, Schokoladereste über Nacht im Gebiß haften bleiben.

Gegenüber der Schädlichkeit von Hefegebäck (besonders auch von frischem Brot, Brötchen) ist die Schokolade allerdings wohl nicht in gleichem Maße schädlich, da ein so klebriger Belag, wie er durch dieses entsteht, durch Schokolade kaum hervorgerufen wird.

Es wäre jedoch wünschenswert, wenn im Großen die Wirkung wiederholten Röstens der Kakaobohnen — evtl. bei höheren Temperaturen als üblich — hinsichtlich der Gärung der daraus erzeugten Schokolade noch untersucht würde. Der Geschmack höher erhitzter Schokoladen ist, wie erwähnt sei, zwar etwas anders (Karamell), aber durchaus nicht unsympatisch. vielleicht würde schon in dieser Richtung eine geringere Schädlichkeit der Schokolade, vielleicht sogar eher, einfacher und ungefährlicher als durch Zusatz von Calciumphosphaten zu erreichen sein.

Noch weitergehend müßte man sicher dem Rottungsvorgang folgendes Waschen der Bohnen vor dem Trocknen, als ein Hefewachstum und damit Zahnschädigung-hinderndes Moment empfehlen. Auch sogenannter „Sonnenkakao" dürfte, da unfermentiert, kaum schädliche Wirkungen entfalten.

Sicher würde eine Verringerung der Schokolade-Schädlichkeit bei der engen Verbindung der Zuckerindustrie mit der Landwirtschaft (Viehhaltung, Steigerung von Düngung und Bodenertrag, Milchwirtschaft) fraglos auch mit einem wirtschaftlichen Aufschwung weiter Kreise der Wirtschaft verbunden sein. (Man denke an die Propagandamöglichkeit!). Dadurch würde sich auch für die Schokoladeindustrie gegebenenfalls eine gewisse Umstellung in der Erzeugung lohnen. Einstweilen verdient jedenfalls die Milchschokolade noch mehr in den Vordergrund gestellt zu werden.

Obgleich ich mir vollkommen dessen bewußt bin, daß in den vorliegenden Untersuchungen über die Frage der Schädlichkeit der Schokolade für die Zähne noch manche Frage unbeantwortet bleiben

mußte, hoffe ich andererseits doch, dabei einen für die endgültige Klärung dieses Fragenkomplexes nicht unwichtigen Beitrag zu leisten.

Weitere Untersuchungen sind im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung vorgesehen oder bereits in die Wege geleitet. Insofern handelt es sich bei dieser Arbeit gewissermaßen um eine vorläufige Mitteilung. Insonderheit wird später auch die von Schröder und Bleser bereits angeschnittene Frage zu berücksichtigen sein, ob ein durch Phosphorgaben erhöhter Phosphorspiegel des Speichels sich in Gärungsschäden hindernder Weise für die Zähne günstig auswirken kann. Hoffen wir, daß es auf irgend einem Wege auch auf dem Gebiet der Süßwaren mehr und mehr gelingt, einstweilen zum Teil noch vorhandene schädliche Wirkungen derselben auf die Zähne von vornherein auszuschalten.

Zusammenfassung.

Bei den mitgeteilten Untersuchungen handelt es sich um eine Ergänzung und Fortsetzung der Arbeiten von Wohinz über die Frage der schädigenden Wirkung der Kohlehydratgärung auf den Zahnschmelz. Hefegebäck wie auch Rohr- oder Rübenzucker in Verbindung mit Hefe hatten sich als sehr schädlich erwiesen, während Rohrzucker für sich allein unschädlich ist. Es erschien nun ebenso interessant wie wichtig, Zucker in Verbindung mit weiteren Nahrungsmitteln im Gemisch mit Speichel in seiner Wirkung auf den Zahnschmelz in vitro zu untersuchen, wie es in dieser Arbeit nun in der Zusammenstellung mit Kakao in Form von Speiseschokolade (Tafeln zu 100 g) geschehen ist.

Es ergab sich dabei folgendes:

1. Hinsichtlich Gärung und Einwirkung auf den Schmelz ließ sich ein deutlicher Unterschied in dem Verhalten durchspeichelter Bitter- und Milchschokolade beobachten.
2. Es kommt bei Bitterschokoladen zu alkoholischer Gärung (bis zu pH 3,2), bei Milchschokoladen zu Milchsäuregärung (bis pH 3,8).

   Dem entspricht, daß bei letzteren der Zahnschmelz gewöhnlich (bis zu 5 Tagen und länger) vollkommen intakt bleibt, während er bei bitteren Schokoladen spätestens nach 3 Tagen, oft aber schon nach 1 Tage, deutlich angegriffen, stumpf, rauh und kreidig ist.
3. Für das differente Verhalten von Bitter- und Milchschokoladen konnte als weiterer maßgeblich kausaler Faktor das Dicalciumphosphat erkannt werden, dessen pufternde Wirkung für die

im Zahn befindlichen gleichen Ionen eine „Schutzbarriere" (Schröder) darstellt.

Das in der Milchschokolade vorhandene Dicalciumphosphat fehlt den bitteren Schokoladen vollkommen.

4. Durch Zusatz von 2 % $CaHPO_4$ ließ sich bei bitteren Schokoladen regelmäßig eine Schmelzschädigung verhüten! — Vielfach wirkte auch 1 % $CaHPO_4$ schon einwandfrei und ausreichend. — Genau so wirkt ein Zusatz äquivalente Mengen Phosphor enthaltenen tertiären Calciumphosphats in Bindung an kolloidales Milcheiweiß (Trikalkol); dagegen ließen 2 % KH_2HPO_4 oder 1 % roter Phosphor, dem Substrat zugesetzt, die Gärung nicht unschädlich werden.

5. Gesamtphosphor- und Gesamtphosphatmenge haben offenbar keinen Einfluß auf den Grad, in dem Gärungsvorgänge für den Zahnschmelz schädlich sind (etwa gleiche Menge in Bitter- und Milchschokolade). Also kommt den Phosphat-Anionen entscheidende Bedeutung zu, wie auch aus Punkt 4. ersichtlich.

6. Der ganz überwiegend anorganische, als Calciumphosphat vorliegende Phosphor im Speichel dürfte normalerweise kaum — wenn auch Schwankungen von 15 bis zu 100 mg % noch als normal angenommen werden — für Versuche in vitro Bedeutung haben, weil bei ihnen der gärfähige Substratanteil stets stark überwiegend ist.

7. Durch trockenes Erhitzen auf höhere Temperaturen (150—200 ° C) wurde die alkoholische Gärfähigkeit bitterer Schokoladen zwar nur verlangsamt, aber doch in einem Maße, daß zur Verhütung von Gärungsschäden am Gebiß des lebenden Menschen wahrscheinlich ausreichen würde.

   Sterilisation ist durch Auskeimenlassen und Aufkochen bei Schokoladespeichelgemisch möglich. *)

8. Demgemäß wäre höheres Erhitzen beim Röstprozeß oder beim Darren der Bohnen zu empfehlen, falls nicht andere Gründe dagegen sprechen. Auch eine mehrfach durch Kältepausen unterbrochene Warmbewegung bei höherer Temperatur müßte sich günstig auswirken. — Vielleicht weisen auch solche Kakaomassen und Schokoladen geringere Gärungsneigung auf, welche aus Sonnenkakao oder aus nach Fermentation gewaschenen Bohnen hergestellt sind.

9. Am sichersten und einfachsten erscheint jedoch ein Zusatz von Calciumphosphat zu bitteren Schokoladen (evtl. in Form von

*) Nach erneutem Zusatz von Speichel trat keine alkoholische Gärung ein.

Molke, Milchsalzen), welcher geeignet sein müßte, jede durch Schokolade gegebene Kariesgefahr zu beseitigen.

10. Hefegebäck, das nicht scharf gebacken oder nachher geröstet ist, muß insbesondere in frischem Zustande als noch schädlicher angesehen werden als bittere Schokolade.

11. Nach Genuß bitterer Schokoladen — besonders vor dem Schlafengehen! — erscheint eine gründliche Zahnreinigung, am besten unter Anwendung gut warmen Wassers, unbedingt geboten.

12. Milchschokoladen sind zweifellos unschädlich und verdienen vor anderen den Vorzug; auch die Magermilchschokolade erscheint in jeder Hinsicht als vorteilhaft. Kindern sollte man nur diese Schokoladen geben.

Schlüssel für die Tabellen.

In den Versuchen A und P (a — e) wurde der Angriff am Zahn durch ± Zeichen mit Zusatz von Klammern, Ausrufungs- und Fragezeichen, sowie mit Zahlen versehen, welche die seit dem Versuchsbeginn verstrichenen Tage angeben. Die ± Zeichen, welche den Grad des Angriffs am Zahn ausdrücken, sind entstanden, indem sowohl für Veränderung der Farbe wie auch der Oberflächenglätte bereits ± eingeführt wurden, deren gemeinsame Berücksichtigung das endgültige Zeichen bestimmt.

Nach der Farbe wurde unterschieden in „opak" = (+) (= hellerer Farbton) und in „kreidig" (= stumpf) = +. Für kaum bemerkbare oder zweifelhafte Aufhellung wurde negativer Ausfall angenommen = —. Ein zugesetztes Fragezeichen bedeutet, daß eine Vermutung vorliegt; u. U. ist an dem Tage nicht untersucht worden.

Nach der Rauhigkeit wurde wie folgt unterschieden:

— = glatte Schmelz- (S) Oberfläche, auch bei Kratzen mit einem mittelscharfen Instrument glattbleibend

((+)) = glatter Schmelz, unter leicht abkratzbarer aber zäher Schicht (Schmelzoberhäutchen);

(+) = Schmelz wird beim Kratzen rauh;

+! = deutlicher Schmelzverlust, bezw. sehr leicht abkratzbar.

Das Ergebnis der Berücksichtigung von Rauhigkeit und Zahnfarbe ist mit folgendem Schemata erklärt:

Farbwert:	Rauhigkeitswert:				
(+) plus:	—	((+))	(+)	+	+!
zusammen =	((+))	(+)	+	+	+!

Farbwert:	Rauhigkeitswert:				
(+) plus:	—	((+))	(+)	+	+!
zusammen =	((+))	(+)	+	+!	+!!

Die ± Bezeichnungen für die Untersuchungen über den Verlauf alkoholischer Gärung (B, E, P (a—e)) sind so gewählt, daß — den völlig negativen Ausfall, + einen derartigen Verlauf bezeichnet, daß nach spätestens 2 Tagen 1/2 bis 3/4 des Gärröhrchens (R.) mit CO_2 gefüllt sind und die Gärung mit dem 3. Tage das Röhrchen bis auf Rückstand etwa völlig mit CO_2 gefüllt hat.

Schokolade: Bezeichnung:	Firma:	Kakaobestandt. in %	P_2O_5 Gehalt in mg %	A: Angriff auf Schmelz in vitro: Versuchspersonen: I	II	III	IV	V	VI	B: Gärproben: Versuchspersonen: I	II	III	IV	Weitere Versuche: Versuchspersonen: II	III	IV	V	VII
Noisette	1	28	—*)	·	—5	((+))5	—5	·	—5	·	((+))	+	·					
Ei-Vollmilch	6	29	1200	·	—5—	- 5—	—5—	·	—5	—	+	+	+					
Vollmilch	4	29	880	·	—3	- ?3	—3	·	·	·	·	·	·					
„ „	6	29	1000	·	—3	(+)3	·	·	·	·	·	·	·					
„ „	2	29	1100	—5—	- 5	((+))5	- 5!	·	·	(+)	+	+ !	+ !					
„ „	1	30	730	((+))4—	—6	((+))?4—	((+))5	·	·	+	(+)	-	(+)					
„ „	3	30	675	·	—3	4	4—	·	·	·	+	·	·					
Vollmilch-Nuß	1	30	*)	- 5	5	5	(-)?5	·	·	·	·	+	·					
Vollmilch	7	33	- *)	—5	—5	—5	—4	·	·	·	·	·	+					
Vollmilch	5	34	920	·	- ?4—	—3	—?4	·	·	·	·	·	(+)					
Mokka-Sahne	5	34	875	·	—?4—	—3	—3	·	·	·	·	·	·					
Milch-Mokka	1	35	- *)	((+))6!	—6	- 3	- 6	·	·	·	·	·	·					
Milch-„ „“	5	35	1050	·	(+)?4	·	—?4-	·	·	·	·	·	·					
Vollmilch	8	35	900	—5—	—5	—5	—5	·	·	·	·	·	·					
Edelmilch	1	35	—*)	- 5	—6	—5	—5	·	·	·	·	·	·					
fein zart bitter	6	50	—*)	(+)5—	+ !!5—	+ 5—	+ 5-	·	·	((+))	+ !	(+)	·					
„ „ „“	5	50	1000ca	·	+ !!4—	+ 4	+ !!4-	·	·	·	·	·	·					
sehr fein Schmelz-Nuß	2	51	—*)	+ 3? + !5	—3((-))5	+ !3 + 2 !	+ !!4	·	·	·	·	·	·	E	Pab	Pb		
bitter	3	54	650	+ 4—	—! 4	3	- 3+!!4	+ 4-	·	·	·	·	·	·	Pab	·		
bitter	1	58	*)	((-))2 + !6	((+))2+!6	(+)?2?	+ !!4—	·	·	·	·	·	- !	·	DE	DEPbc	·	2D	
bitter	3	59	680	·	+ ! 3	+ !	+!!3+!2	·	·	·	·	·	+ !	·	·	·	·		
bitter	2	59	—*)	+	—5	·	·	·	·	(+)	·	·	·	·	Pab	·	Pbc		
bitter	5	59	1000	·	(t)!?3!	+ !!3	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·		
feinbitter	4	60	840	·	+3	+ !1!	+ !!+!!2	·	·	·	·	·	·	·	2DPPb	2E	PPb	·	D
bitter	7	69	—*)	—?4((+))5	(+)5	((+))3 + 5	4 + !5	·	·	·	·	·	·	·	Pab	Pab	Pbc		
bitter	8	64	840	+ !5	+ !5(+)3	+ !5(+)3	+ ! 2	·	·	(+)	·	·	·	·	·	·	·		
„Galak“	...	?	—*)	·	—4	—4	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	Pbc		
„ mit Rosinen	...	?	—*)	·	—4	—4	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·		
„Nestrovit“	...	??	—*)	·	**—4—	**—4—	**—4—	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·		

*) Phosphorgehalt nicht untersucht.

**) Auch nach 2 Wochen kein Angriff, trotz langs. alkoholischer Gärung. (Nur pH 3,8! durch Pufferung und Milchsäuregärung.)

Tafel 3.

Die Mineralstoffzusammensetzung der Schokoladen (n. Fincke 2) (8) S. 366 Tafel 36.

Nr.	Bezeichnung der Schokolade	Gehalt an Kakaomasse [1]) und Milchbestandteilen. Milchbestandteilen: Kakaomasse: %	Vollmilchpulver %	fettfr. Trockensubst.: %	Gesamtasche: %	In 100 g Schokolade sind enthalten (unter anderen Mineralst.[2]) K_2O mg	CaO mg	MgO mg	P_2O_5 mg
1.	Schokolade süß	40	—		1,24	420	50	200	420
2.	Schokolade bitter	60	—	—	1,85	630	75	300	630
3.	Milchschokolade					315	38	150	315
	Kakaogehalt hoch	30	15	11,2	1,83	216	216	23	243
	Milchgehalt gering					531	254	173	558
4.	Milchschokolade					210	25	100	210
	Kakaogehalt mittel	20	20	15	1,82	288	288	30	324
	Milchgehalt mittel					498	313	130	534
5.	Milchschokolade					105	13	50	105
	Kakaogehalt gering	10	25	18,7	1,81	360	360	38	405
	Milchgeh. ziemlich hoch					465	373	88	510
6.	Milchschokolade					158	19	75	158
	Kakaogehalt mäßig	15	30	22,5	2,26	432	432	45	486
	Milchgehalt hoch					590	451	120	644

1) „Es sind nur die aschebildenden Bstandteile aufgeführt. Der Rest ist Zucker und Kakaobutter bezw. Milchfett; er kann diese Bestandteile in verschiedenem Verhältnis enthalten, je nachdem die Schokolade mehr oder weniger fettreich sein soll. Je nach den in den Schokoladen enthaltenen Mengen kann es sich um Magermilch-, Vollmilch- oder Sahneschokolade handeln. . . . ."

2) Nur ein Teil der aufgeführten Mineralstoffe ist in der vorstehenden Tafel wiedergegeben.

Tafel 4.

Versuchsreihe E. Gärversuche *) mit verschieden hoch auf über 100 ° und verschieden lange erhitzter Schokolade im Gemisch mit Speichel:

Versuch:	Person:	Schokolade:	Temperatur:	Dauer:	Tag des Gärungsbeginns nach Ansetzen:	Stand der Gärung:	Resultat:
1.	II	5, Vollmilch	180—200° C	50 min	verkohlt	—	—
2.	III	5, „Gold" (50 %)	200° C	120 min	1.—2. Tag „verkohlt", noch etw. braun u. aromatisch	n. 2. Tag 1/2, n. 5. Tag 6 1/2 des Röhrchens CO_2	+
3.	III	5, bitter (59 %)	150° C 165° C	30 min ca. 10 min	1. — 2. Tag gegen B-Versuch und folgenden nach 2 Tagen: weniger CO_2; nach 3 Tagen: 2/3 des Röhrchens (R.) getüllt. (wie B.) pH3,8 ?	2/3 R. CO_2/+	:+ :+
4.	III	5, bitter (59 %)	150° C	120 min	1. — 2. ? kaum anders als B.	1/1 R. CO_2 5 n. 2 Tagen ca. 1/3 R. CO_2 (ca. wie B) n. 3 Tagen ca. 1/2 R. CO_2	+) :+
5.	III	5, „Gold" (50 %)	200° C	120 min davon 10 min oben im Ofen!	1.—2. nicht ganz verkohlt, Oberfläche dunkelbraun, harte Kruste alkoholische Gärung sistiert n. 3 Tagen.	ca. 1/3 R. CO_2 nach 3 Tagen dasselbe!	((+))
6.	II	3, bitter (54 %)	200° C	ca 60 min langsam bis 200°C erhitzt u. im Ofen etw. verkühlen lassen.	?	ca. 1/3 R. CO_2/3 (pH4) ca. 1/1 R. CO_2/2	:(+)
7.	III	5, „Gold" (50 %)	180° C langsam bis auf ... abkühlen lassen u. auf 200° C erhitzt u. im Ofen auf 110° C abkühl. lassen		1.—2. ? (pH_5) kräftiger Einsatz der Gärung erst nach 3 Tagen.	1/1—1/5 R. CO_2/3! (pH_4) (pH 3,5) 3/4 R. CO_2/5	+) :((+))
8.	III	3, bitter (54 %)	200° C (langs. auf 200°C erhitzt, langs. verkühlen lassen) Vgl. Vers. 6		1. — 2. späteres Einsetzen der Gärung, langsamer Verlauf.	ca. 1/6 R. CO_2/3 (pH_4) 1/2 R. 6 2/3 R./7	:(+))

Die durch ± Zeichen angegebene Einschätzung wurden etwas positiver gegeben als sie in Versuchsreihe B (Tafel 2) nach Angabe des Schlüssels erfolgte.

*) Ueber alkoholische Gärung durch Beobachten der CO_2-Entwicklung. ±) Rückstand reichlich vorhanden.

Tafel 5.

Versuchsreihe (P), um den Einfluß von Phosphat und Phosphor auf die zahnschädigende Wirkung der Kakaohefegärung zu klären. Es wurden nur bittere Schokoladen untersucht.

Firma:	Kakaobestandteile in %	P_2O_5 Gehalt der Schokolade mg %	Zum Vergleich Versuch A	Zum Vergleich Versuch B	Versuchspersonen:	Zugesetzter Phosphor a) b) Ca H P O_4 1%	a) b) Ca H P O_4 2%	c) K_2HPO_4 1%	c) K_2HPO_4 2%	d) Phytin *)	e) Trikalkol *)	P) roher Phosphor 1%
5	50	1000	+!!4—	+!/2	II	.	—3	.	.	.	.	+!3
			+4	+	III	((+))8—	—8—	.	.	.	.	.
			+!!4—	.	IV	.	— 4 —	.	.	.	.	.
2	51	— (?)	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
			+2!+!3	. 6—	III	— ?6—	—6	.	.	.	.	.
			6	.	IV	.	.			.	.	.
3	54	650	+!4	+!/ 1	II	.	.	.	.	.	.	.
			+!3	.	III	.	—4	4	.	.	.	.
			+!!4—+!3—	.	IV	.	—4	.	.	.	.	.
			+4—	.	V	—3	3	.	.	.	.	.
3	59	680	+3	.	II	—3	—3	.	.	.	.	.
			+!3	+!	III	.	.	.	.	.	.	.
			+!2+!!3	.	IV	.	—4	+ (+)4		.	.	.
5	59	1000	((+))?3	.	II	.	— 3	.	.	.	.	+!3
			+!3	+	III	.	.	.	.	.	.	.
			+!!3	.	IV	.	—3	.	.	.	.	(+)/+3
4	60	840	+4 —	.	II	— 3	— 3	.	.	.	.	.
			+!1!	.	III	—6	— 6 —	.	.	.	.	.
			+!1;+!!2!	.	IV	.	—3	+ 5	.	.	.	.
8	64	840	(+)?3+?5	.	II	.	.	.	.	.	.	.
			(+)3+!5	.	III	.	.	.	.	.	.	.
			+!2	.	IV	.	—?7	+!!		.	.	.
3	59	750	+!5	.	II	.	.	.	.	((+))2	— 5	.
			+5	.	III	.	.	.	.	+5	— 5	.

*) Trikakol und Phytin in 2% Ca H P O_4 äquivalenten Mengen (gleicher P_2O_5-Gehalt).

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, erlaube ich mir, Herrn Professor Dr. Hermann Schröder, dem Leiter der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung für die freundliche Überlassung des Themas wie für sein stetes Interesse am Fortgang der Arbeit meinen verbindlichsten Dank ergebenst auszusprechen.

Dank gebührt auch all denen, die durch ihre Mitarbeit an den Versuchen das Zustandekommen der Arbeit zu einem wesentlichen Teil mit ermöglicht haben. Es seien in diesem Sinne insbesondere die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung genannt. Herr Wohinz und Herr Dr. Keil; außerdem ist zu danken Frau Weyert, Frl. Bader, Frl. Thamm und Frl. Breisacher, Frl. Bader vor allem für die Hefefärbungen und die mikrophotographischen Aufnahmen. Mein besonderer Dank jedoch gebührt Herrn Wohinz. Die angenehme Zusammenarbeit mit ihm erleichterte die sehr langwierigen, viel manuelle Arbeit erfordernden Untersuchungen.

Ferner ist die Arbeitsgemeinschaft für Kariesforschung und -bekämpfung für bereitwillig gewährte Unterstützung ihrer Untersuchungen einer Reihe von Firmen der Kakao-Industrie wie auch besonders dem Fachmann auf dem Gebiete der Kakaoerzeugnisse, Herrn Dr. Heinrich Fincke, Lebensmittelchemiker, zu Dank verpflichtet.

Die Untersuchungen unterstützten durch Materiallieferungen folgende Firmen:

„Cyliax", „Erich Hamann", „Hildebrand", „Lindt und Sprüngli", „Sarotti A.-G.", „Stollwerk", „Tangermünder-Schokoladen-Fabrik" und „Ventia-Schokoladen-Fabrik".

Aus unbekannten Gründen blieb demgegenüber das Ersuchen um Unterstützung von den nachfolgend genannten Firmen unbeantwortet:

„Burk und Braun", „Hartwig und Vogel", Mauxion", „Trumpf" und „Wilczek".

Den zuerst genannten Firmen wurde das Ergebnis der Untersuchungen inzwischen mitgeteilt. Der Wunsch zur weiteren Zusammenarbeit dürfte auch auf dieser Seite vorhanden sein.

Lebenslauf.

Als Sohn des Zahnarztes Dr. Viktor Frank und seiner Ehefrau Ottilie, geb. Teipel, bin ich am 5. Dezember 1912 zu Verden/Aller geboren.

Dem Besuch des Staatl. Domgymnasiums meiner Heimatstadt, an dem ich am 6. März 1932 das Reifezeugnis erhielt, folgte das Studium der Zahnheilkunde, das ich im Sommersemester 1932 in Tübingen begann. Nach drei Tübinger Semestern und nach Ablegung des Physikums (mit dem Prädikat „gut") setzte ich mein Studium in Berlin fort, wo ich etwa während des achten Semesters das zahnärzliche Staatsexamen ablegte (mit dem Prädikat „gut"). Die Approbation erfolgte am 24. April 1936.

Anschließend war ich als Assistent und Vertreter in der freien Praxis tätig, bis ich im Oktober 1938 eine Volontär-Assistentenstelle im Zahnärztlichen Institut der Universität Berlin annahm, um hier von Herrn Prof. Dr. Schröder eine wissenschaftliche Aufgabe zu erhalten, deren Ergebnisse die vorliegende Arbeit zusammenfaßt.